El arte de construir en Bizancio

Auguste Choisy

CEHOPU
Centro de Estudios Históricos
de Obras Públicas y Urbanismo

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

El arte de construir en Bizancio

A. Choisy

Auguste Choisy (1841–1909), ingeniero civil, realiza en *El arte de construir en Bizancio* un estudio completo de los procesos y técnicas constructivas en el imperio romano de Oriente. Se centra en los procedimientos prácticos y, haciendo abstracción de la decoración, estudia la estructura de los monumen-tos. La bóveda es el elemento principal, pues, en palabras de Choisy «Todas las circunstancias de la construcción derivan de la bóveda». En particular, describe con detalle los procedimientos de la construcción sin cimbra, que los bizantinos llevaron al máximo grado de desarrollo. Los empujes de las bóvedas requieren un contrarresto, y se estudian asimismo los distintos tipos y su influencia en la distribución de los edificios.

Esta limitación al estudio de la construcción abovedada es la que permite a Choisy dar una visión general de toda la construcción en Bizancio: «He creído conveniente ordenar los hechos en torno a este elemento fundamental del sistema, del mismo modo que éste se subordina a la economía general de los edificios.» El método es riguroso: sólo se basa en monumentos que él personalmente ha visitado y en fuentes documentales coetáneas.

La intención de Choisy va mucho más allá de una simple descripción; Choisy trata de saber no sólo el cómo sino también el porqué. Así, relaciona los métodos de ejecución con el carácter bizantino y la estructura de las clases obreras. El libro de Choisy no sólo sigue siendo la mejor exposición de la construcción bizantina, es un modelo de cómo realizar este tipo de estudios.

Textos sobre Teoría e Historia de las Construcciones
Colección dirigida por Santiago Huerta Fernández

A. Choisy. **El arte de construir en Roma.** (en preparación)

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio.**

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.**

J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica** (en preparación)

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas.** (en preparación)

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval.**

El arte de construir en Bizancio

El arte de construir en Bizancio

Auguste Choisy

edición a cargo de:
Santiago Huerta Fernández
Francisco Javier Girón Sierra

traducción de:
Francisco Javier Girón Sierra
Gema López Manzanares

CEHOPU
Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo

CEDEX
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
Ministerio de Fomento

Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Madrid

Edición y traducción íntegra de la edición original: Auguste Choisy. *L'art de bâtir chez les byzantins*. Paris: Librairie de la Société Anonyme de Publications Périodiques, 1883.

NIPO: 163-97-014-8
ISBN: 84-89977-04-6
Depósito Legal: M-42864-1997
Cubierta: Sección perspectiva de Santa Sofía
por A. Choisy.
Fotocomposición e impresión:
T. G.

Índice

Prólogo

> Se hace una ciencia con hechos, como una casa se hace con ladrillos; pero una acumulación de hechos no es una ciencia, del mismo modo que un montón de ladrillos no es una casa.
>
> H. Poincaré *Filosofía de la ciencia*

La primera (y única) edición de este libro se publicó en París en 1883. Ha transcurrido, pues, más de un siglo. ¿Qué interés puede tener un libro pasado este tiempo? Por supuesto, hay un interés puramente histórico: los libros de Choisy, como los de Viollet-le-Duc, han tenido una enorme influencia en la historia de la arquitectura, incluso en la arquitectura misma. Esta no es, sin embargo, la razón por la que se publica hoy la primera traducción al español de *El arte de construir en Bizancio*.

La publicación nace del convencimiento de que, a pesar del tiempo transcurrido, este libro es actual y necesario (quizá esté más de actualidad hoy que, por ejemplo, hace cincuenta años). Con frecuencia, al juzgar un libro nos dejamos llevar por su apariencia externa; quizá al examinar la espléndida edición original, el formato in-folio, la tipografía, la prosa decimonónica y enrevesada de Choisy, los propios dibujos (de un detalle y elaboración hoy día inimaginables), nos transmitan la idea de algo viejo y pasado, de otra época. La presente edición ha tratado simplemente de dar un formato moderno a las ideas de Choisy.

El libro sigue siendo la referencia insustituible sobre la construcción de bóvedas en Bizancio. Pero es su enfoque y metodología lo que más interesa. Ya en la introducción de *El arte de construir en Roma*, su primer libro publicado diez años antes, Choisy se lamentaba del énfasis casi exclusivo sobre el aspecto formal de los edifi-

cios, en la historia de la arquitectura: «Los edificios de la antigüedad se han estudiado muchas veces desde el punto de vista de la arquitectura, pero los detalles de su construcción se conocen todavía de forma muy vaga.»

La situación no ha mejorado sustancialmente. Sin duda se ha avanzado enormemente en el campo de la arqueología y disponemos hoy de una enorme cantidad de datos: conocemos con detalle la composición de los morteros, los tipos de ladrillo y teja empleados, hay levantamientos de enorme precisión de los monumentos más importantes, nuevos ensayos no destructivos nos permiten conocer la estructura interna de los edificios, etc. Se echa en falta, sin embargo, una visión de conjunto que integre todos esos conocimientos dentro del marco unitario de la construcción en la antigüedad.

No basta con saber que los ladrillos tenían ciertas dimensiones, hay que preguntarse por qué tenían esas y no otras (posiblemente en función del aparejo empleado). No basta con describir la forma y constitución de las bóvedas, hay que investigar cómo se construían. Sabido esto, habría que pensar porqué se construyeron así y no de otra manera. Qué relación existe entre los metodos de construcción y la estructura de las clases obreras, y cómo ésta es a su vez fruto del carácter de la sociedad a la que pertenece. Es siempre más fácil enumerar y describir, que clasificar y explicar. Hoy día, cuando la Historia de la Construcción empieza a perfilarse como una disciplina autónoma, como un ámbito de investigación propio, la lectura de Choisy resulta imprescindible.

Santiago Huerta Fernández
Francisco Javier Girón Sierra

AGRADECIMIENTOS: Agradecemos a Ricardo Aroca y Antonio de las Casas el apoyo prestado para la edición de este libro. La Biblioteca de la ETSAM ha cedido el ejemplar original y su directora M. Rita Albi nos ha facilitado el manejo de los fondos bibliográficos necesarios. Gema López nos ha ayudado en diversas tareas de la edición y ha elaborado el detallado índice alfabético final.

El arte de construir en Bizancio

Introducción

Para abordar mejor el estudio de los métodos de construcción empleados en la arquitectura bizantina, vamos primero a delimitar lo que pertenece propiamente a esta arquitectura, mostrando los lazos que la ligan con el arte romano y las diferencias que de él la separan.

El Imperio romano, pese a los esfuerzos de su espíritu centralista, no logra imponer por completo un idioma común en todos sus dominios. Del mismo modo, tampoco el arte de construir, segunda lengua donde se reflejan los rasgos de la vida social, muestra expresiones uniformes, ni siquiera principios invariables. Tiene sus dialectos como la lengua hablada tiene los suyos; estos dialectos del arte de construir se clasifican en dos grandes grupos, que responden a la división del territorio en provincias orientales y occidentales. El Adriático forma entre estos dos grupos una línea de demarcación natural. Divide al Imperio en dos mitades que viven su propia vida y que mantendrán hasta el fin su fisonomía individual. Aquí, en las regiones de lengua latina, domina un sistema de construcción vernáculo, fruto enteramente del carácter organizador de Roma. Más allá, la civilización y el arte adquieren poco a poco los colores de Oriente. Allí comienza un mundo semigriego, semiasiático, que habla la lengua griega, y cuya arquitectura reproduce tipos helénicos modificados por el influjo de Asia. Dos civilizaciones se despliegan por así decir dentro de la unidad romana; división singular, cuyo origen se remonta a la época de la conquista y cuyo punto de partida hay que bus-

car en la diferente situación de los pueblos que une Roma bajo una autoridad común.

Para Occidente, donde las influencias griegas apenas habían penetrado, la conquista romana fue la revelación de un principio civilizador. Occidente recibió de Roma la cultura científica a cambio de ceder su independencia. Adoptó la lengua, las artes, y las costumbres de Roma. Así se formó, tanto por la fuerza, como por la ascendencia moral de Roma, una nación occidental que hablaba una lengua única y cuyo arte se reducía a la imitación de los modelos romanos. La asimilación, la fusión, fueron profundas.

Completamente distinto fue el efecto de la conquista en Oriente. Aquí los papeles se invierten. Oriente poseía ya, tras las expediciones macedonias, una homogeneidad de idiomas y civilización. Todas las ideas de la antigua Grecia circulaban por medio de su lengua. El arte griego, a su vez, se había implantado universalmente, reinando, no tanto en su perfección clásica, sino tal y como la escuela de Alejandría lo había practicado, con las incorrecciones de la decadencia, pero con la grandeza que el siglo de Alejandro le había imprimido. El arte, la lengua, todos los elementos sociales estaban fijados. Sobrevivieron a la invasión romana, atravesaron los tiempos del alto Imperio y se recobraron, alterados pero todavía reconocibles, el día en que Oriente volvió a ser un imperio separado con Constantinopla por capital.

La época romana nos presenta pues, tanto en la historia del arte como en la historia general de la civilización, dos corrientes que tienen sus fuentes respectivas en Roma o en el Asia griega. Destruida Roma, la corriente occidental se extinguió en seguida; pero la corriente oriental, que tenía su origen en otro lugar, pudo subsistir. Roma en cierto modo había reprimido hasta entonces la vida oriental; su ruina devolvió a Oriente su propio ser. El arte y la sociedad, retomando un vuelo más libre, se arriesgaron por caminos inexplorados. La sociedad adoptó una forma nueva de civilización, la civilización cretense de Oriente; el arte, un tipo de arquitectura enteramente original, la arquitectura bizantina.

Es a esta evolución del arte oriental al final del período romano, a la que he consagrado este estudio. Los límites, como se ve, no tienen nada de arbitrarios; el campo de investigación se acota por sí mismo. En definitiva, se trata de reconstruir uno de los períodos mejor caracterizados de la historia del arte. Mi propósito es intentar abarcar el arte de construir bizantino en su conjunto y describirlo en

toda la variedad de sus aplicaciones. Para ello me he limitado al estudio de los procedimientos prácticos, haciendo abstracción de las formas decorativas, para considerar especialmente su estructura. Construir, tal era a los ojos de los contemporáneos de Justiniano el papel esencial del arquitecto. Fue precisamente por su habilidad como constructor por lo que se encomendó a Antemio la construcción de Santa Sofía. «Fue escogido, leemos en las crónicas, por ser el "mecánico" más hábil del siglo, y sin duda, el más fecundo en invenciones que haya nunca existido.»[1] La opinión pública le designaba entonces como el primero de los arquitectos, el más sabio constructor. Juicio demasiado absoluto, pero característico de una época donde la delicadeza de los matices había dejado paso a la amplitud de los conceptos, y el sentido depurado de la forma a los hallazgos ingeniosos, a veces sutiles, del arte de construir. Consideraremos pues, los monumentos de la época bizantina sustancialmente como la obra de constructores. Analizaremos sus procedimientos y examinaremos a continuación su origen y desarrollo. ¿Cuáles fueron los métodos constructivos propios de esta sociedad griega de Oriente a partir de la división del mundo romano? ¿Qué raíces tenían estos métodos en las tradiciones anteriores a la escisión de los dos imperios? ¿Qué deben a las influencias de Occidente, a los ejemplos de Roma? En una palabra, ¿por qué camino los principios artísticos que preexistían en el bajo Imperio llegan a convertirse en los principios del arte bizantino? Tales son las cuestiones que me he propuesto.

¿De qué documentos podía servirme para resolverlas? Los trabajos publicados hasta este momento habían tratado más de los procedimientos decorativos que de los medios de ejecución. Mi único recurso era interrogar a los propios monumentos, o mejor todavía, comparar entre sí las obras antiguas y las tradiciones contemporáneas. Estas tradiciones son de un valor inestimable, pues todo el pasado de Oriente ha dejado su huella en el presente. El arte bizantino perdura todavía. Los albañiles griegos de Turquía son, en nuestros días, los representantes fieles de los constructores de Bizancio, y su práctica actual es, en definitiva, el comentario más seguro y veraz de las ruinas.

La Administración de Ponts et Chaussées, gracias a la benevolente iniciativa del siempre recordado Léonce Reynaud, me ha designado para desarrollar *in situ* el estudio de las ruinas, y de las tradiciones constructivas que las puedan explicar. Una misión especial en el Asia griega me ha permitido ver lo que queda de más característico entre los vestigios del arte bizantino. Todos los detalles los he

tomado de los resultados de esta misión. No citaré ninguno que no haya constatado personalmente y, cuando circunstancialmente incumpla esta regla ayudándome de observaciones ajenas, me impondré, como una garantía, lo mismo que un deber, la obligación de precisar la fuente.

Hemos expuesto con esto el objeto concreto de este trabajo, así como el origen de los documentos sobre los que se apoya. En síntesis, la arquitectura cuyo estudio emprendo es la practicada por los pueblos griegos del Oriente al final del periodo romano, el punto de vista elegido el de los métodos de ejecución, y la manera esencial de recabar información, la observación directa de los monumentos o de las tradiciones. En cuanto a la clasificación de las obras he aquí cómo la he concebido:

El arte bizantino tiene en la bóveda su elemento principal. Posee sus propios tipos de bóvedas, que imprimen en los edificios una fisonomía característica, e influyen en todas las combinaciones de la arquitectura. Para contrarrestar los empujes de sus bóvedas hace falta dar a los macizos de apoyo una disposición especial, asociarlas según cierto modo de agrupamiento que produce una planta bizantina reconocible a primera vista. Todas las circunstancias de la construcción derivan de la naturaleza de la bóveda. He creído conveniente ordenar los hechos en torno a este elemento fundamental del sistema, del mismo modo que éste se subordina a la economía general de los edificios.

La arquitectura occidental de la época romana se basaba también en el empleo de la bóveda, pero ésta no se asemeja ni en su aspecto ni en su estructura a la bóveda bizantina. Si analizamos una bóveda romana de construcción occidental, apenas si se encontrarán algunas hiladas de ladrillo que son como la osamenta, el esqueleto. El resto no es más que una masa informe, un relleno de guijarros y mortero, un hormigón puro y simple; una de aquellas sabias obras primitivas donde el trabajo intelectual se excluye a propósito y se manifiesta una fuerza material inmensa, instrumento pasivo de una potente voluntad. En las regiones griegas de Oriente, por el contrario, todo es combinación, todo es cálculo. Cada fragmento tiene, en la bóveda de la que forma parte, determinadas su posición y su función. En todas partes aparece, junto a la idea dominante que concibe, la fuerza reflexiva que ejecuta. Uno se siente transportado a un medio totalmente distinto. Los monumentos de las dos escuelas revelan, hasta en sus últimos detalles, las diferentes manos de las que proceden.

Si entre estas dos escuelas intentase percibir un punto de contacto, una comunidad de espíritu o de tendencia, la única tendencia común que llegaría a percibir es ésta: ambas se quieren liberar de la sujeción de las obras auxiliares y de las instalaciones provisionales. ¿Indica esta coincidencia alguna forma de imitación o es el efecto de alguna influencia tradicional? Mi particular opinión es que esta búsqueda de economía es una tendencia inherente al buen sentido práctico. Sea como fuere, la analogía no existe más que en un primer momento. En cuanto se llega a los detalles concretos, reaparecen las diferencias que separan a las dos escuelas.

En Roma, la bóveda es un monolito hecho de una materia plástica, que exige un molde. El arquitecto romano procura, en efecto, una cimbra para cada bóveda. Pero pareciéndole un sinsentido construir una cimbra para destruirla a continuación emplea un modo de construcción mixto, mitad ladrillo y mitad armadura de madera. Terminada la bóveda sólo la parte de carpintería desaparece, mientras que todo lo que es ladrillo permanece embebido en los macizos y contribuye a su resistencia. Incorporar a la bóveda la mayor parte del molde que la soporta; he aquí, en una palabra, el procedimiento occidental. Entre los orientales, la noción de economía se entiende de una forma más absoluta. Para ellos no se trata de atenuar el gasto en las obras auxiliares; la cuestión es suprimirlas. Los arquitectos bizantinos se plantean sin ambages el problema de abovedar sin cimbras y, gracias a ingeniosas disposiciones de los materiales, llegan a resolverlo, elevando la mayor parte de sus bóvedas en el espacio, sin soporte ni apoyo de ningún tipo. Su método no es en absoluto una variante del de Occidente. Es un sistema bien distinto, de origen asiático, que no procede de ninguna fuente romana. El comercio y la guerra habían multiplicado los contactos con la región del Eúfrates y Persia. Asia estaba latente en el mundo griego y los emperadores de Constantinopla se habían convertido en monarcas asiáticos; toda la civilización bizantina se había orientalizado. A su vez, el arte de construir se plegaba a este cambio, se transformaba, pero manteniendo su originalidad nativa. Lejos de disolverse en una servil imitación, helenizó los tipos asiáticos y encontró en estos tipos transformados las semillas de un verdadero renacimiento. Si el arte clásico personifica el genio griego en su expansión libre y espontánea, el arte bizantino representa el carácter griego actuando en medio de una sociedad semiasiática, sobre elementos tomados de la vieja Asia. Vano sería buscar en sus obras la pureza de formas que la época anterior tuvo el privilegio y la fortuna de mostrar. Su espíritu se reconocerá en

cambio, en la ingeniosa elegancia de los métodos, la nitidez de las expresiones, y por encima de todo, en la flexibilidad maravillosa que se adapta a las necesidades más diversas. Durante doce siglos sus recursos han satisfecho las exigencias de la civilización del bajo Imperio, hasta el punto que puede decirse que todas las arquitecturas de Oriente han estado sucesivamente inspiradas por sus ejemplos. Aun hoy en día, el arte de construir bizantino podría ser de nuevo fecundo, si supiéramos separar de las formas caducas que lo envuelven los principios aún verdaderos que ha conservado tanto tiempo.

1

Los apoyos

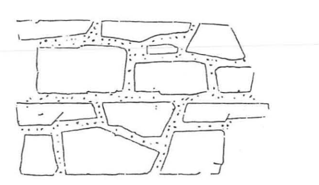
El muro bizantino

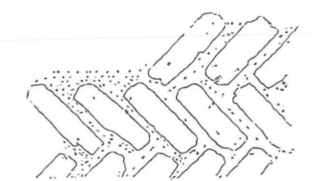
El relleno

Los bizantinos seguían los procedimientos romanos, fabricando a base de materiales de pequeño tamaño el hormigón que compone el cuerpo de sus bóvedas. Pero los métodos que siguieron no son ni los de Roma, ni los de las provincias occidentales del Imperio. El contraste responde en parte a la naturaleza variable de los materiales, pero en mayor medida, tal vez, al peso de la tradición. Todo tenía un fundamento localista en la práctica del arte romano. Cada municipio constituía un centro distinto, tanto en el modo de construir como en la forma de organización de los respectivos gremios. La influencia diferenciada de cada escuela se sumaba a la desigualdad de los recursos naturales, siendo en el tema que nos ocupa estas influencias de escuela las que parecen tener más peso que cualquier otra en la diversidad que se nos ofrece.

En todo el mundo romano los materiales que constituían los antiguos hormigones se reducían al ladrillo, la grava y el mortero. Está claro que el modo de empleo de estos materiales hubiera podido ser también en todas partes poco más o menos uniforme. Sin embargo, la uniformidad está lejos de reinar en los procedimientos de puesta en obra. Se advierten diferencias de unos lugares a otros, algunas veces incluso bastante notables. En Occidente, la mezcla de mortero y

fragmentos de piedras con los que se compone un hormigón se aglomera frecuentemente mediante una compresión enérgica. En Oriente, sin embargo, se desconoce el procedimiento constructivo por apisonado y los materiales no se presentan tan fragmentados como en los hormigones de nuestras regiones; los mampuestos tienen de quince a veinte centímetros de espesor. A veces, como en el zócalo del Palacio de Spalato, estos mampuestos se arrojan en una masa de mortero donde se amontonan en un desorden absoluto; otras, sin embargo, se disponen en hiladas regulares, según una u otra de las disposiciones que aparecen en las figuras 1 y 2.





Figuras 1 y 2. Aparejos de la antigüedad

El aparejo de la figura 1 presenta, de dos en dos lechos, un enrase bastante correcto. Es un modo de aparejo conocido desde la más remota antigüedad. Lo encontramos en las galerías de las tumbas lidias de Sardes; vuelve a aparecer en la época constantiniana en las ruinas de Magnesia del Meandro y de Gheira, llegando a perpetuarse en los alrededores de Esmirna hasta nuestros días.

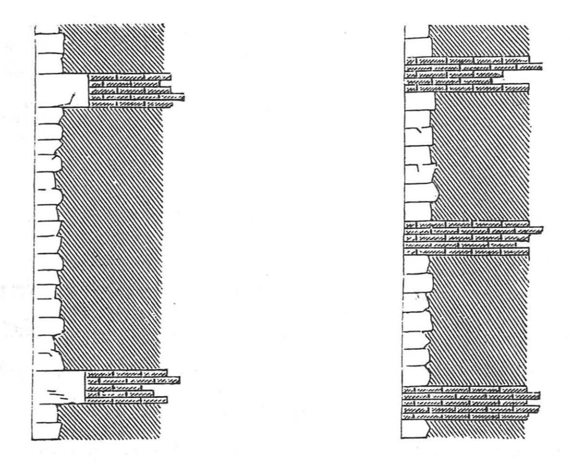
El aparejo en espina de pez indicado en la figura 2 aparecía desde la época romana en los monumentos que bordean la Vía de las Tumbas cerca de Atenas; y los bizantinos lo adoptaron en una gran número de construcciones militares, tales como la fortaleza de Konya. En este ejemplo, los mampuestos son unas placas de piedra con un grosor de 0,08 m por término medio y separadas por capas de mortero de por lo menos 0,03 m. Seguramente los bizantinos temían que el mortero empleado en lechos más pequeños se secase sin fraguar.

Raro era que se elevase una construcción de hormigón sin interrumpirla con hiladas regulares de grandes ladrillos, formando verdugadas que dieran al macizo una ligazón transversal suficientemente firme. En los monumentos de Roma, esta ligazón se obtiene con la ayuda de una sola hilada de ladrillos; los orientales rara

vez emplearon menos de tres hiladas superpuestas, constituyendo una ancha zona regular a través de la fábrica. Veamos a continuación dos ejemplos (figs. 3 y 4).

El primero (fig. 3) es una sección de la cisterna de Constantinopla llamada la Chukur bostán. Cinco hiladas de ladrillo forman bandas de 0,40 m de altura que se repiten cada tres metros. El otro ejemplo (fig. 4) proviene de las fortificaciones bizantinas de Salónica; aquí el intervalo entre las verdugadas se reduce a 1, 50 m.

Para estas verdugadas, lo mismo que para los muros, las medidas usuales de los ladrillos responden a las dimensiones siguientes: 1 pie o 1 ½ pie de lado, por 2 ó 3 dedos de canto (en cifras redondas, 0,30 ó 0,45 m por 0,04 ó 0,06 m).



Figuras 3 y 4. Muros bizantinos con verdugadas de ladrillo. (Izquierda, cisterna de Chukur bostán; derecha, fortificaciones de Salónica)

Los bizantinos empleaban gruesos lechos de mortero, seguramente para ahorrar en el empleo del ladrillo, que por lo intachable de su superficie y cocción debía resultar siempre costoso; nunca se da a la capa de mortero un espesor menor que el de los propios ladrillos. No es raro encontrar que hiladas de ladrillo de cuatro centímetros estén separadas por cinco e incluso seis centímetros de mortero. En las ruinas del palacio de Blaquernas se ven lienzos de muralla donde el mortero supone hasta dos tercios del volumen total. El ladrillo aquí no es sino lo accesorio. La fábrica está constituida por mortero o, más exactamente, por hormigón.

El mortero de los bizantinos es, en efecto, una especie de hormigón. Para asegurarle la consistencia que exigen estos grandes espesores, se le incorpora una alta proporción de una materia rojiza que no es otra cosa que teja triturada y pasada por un tamiz cuya malla tiene 0,015 m aproximadamente. Para las fábricas de hormigón, se admiten, además de las tejas machacadas, grava y fragmentos de piedra. En la mezcla así formada las partes sólidas aparecen como fragmentos tanto más gruesos cuanto mayores son las fábricas en que vaya a emplearse.[1]

Del mismo modo que la composición de estos hormigones no es fija, tampoco son siempre iguales los métodos seguidos para calcinar la piedra o para apagar la cal. Los romanos habían instituido en los diversos centros del Imperio gremios de caleros, mencionados en varias ocasiones en las constituciones del Código de Teodosio.[2] Estos gremios establecieron en cada región tradiciones esencialmente locales, que los bizantinos han continuado hasta nuestros días. En general, se prefieren las cales obtenidas por la cocción del mármol: en el monte Atos, en Salónica, en el valle del Meandro, son éstas las más empleadas. Plinio relata que una vieja costumbre proscribía en Roma las cales que tuvieran menos de tres años de extinción,[3] costumbre que se ha perpetuado en casi todo el Oriente. Se apaga la cal en enormes barreños donde permanece durante años enteros, después de lo cual se decanta para mezclarla con el polvo de las tejas. Cuando el empleo de la cal de mármol se vuelve demasiado costoso, se recurre a calizas menos puras. Como esta cal posee ligeras cualidades hidraúlicas que la harían endurecerse en las fosas de extinción, para apagarla se la riega con la cantidad justa de agua como para reducirla a polvo. Este polvo de cal se extiende por capas de cuatro o cinco centímetros sobre lechos de arena o de tejas trituradas y se fabrica el mortero amasando directamente la mezcla. Este método es el universalmente adoptado en la región de Kutaia y se practica en Constantinopla. El ladrillo triturado actúa como una puzolana y da a las fábricas una gran consistencia. No exageremos sin embargo el mérito de los morteros de los bizantinos e incluso, de los romanos, que están ciertamente bastante lejos de tener con respecto a los nuestros esa superioridad que con frecuencia se les atribuye. Parece como si se creyese que donde los morteros modernos tienen éxito, los de los antiguos fuesen excelentes; o donde los nuestros son de mala calidad, los suyos fuesen en el peor de los casos mediocres.[4] La realidad es que los antiguos se limitaron en todas partes a los recursos locales

y su superioridad consistió, no tanto en crear materiales artificiales, como en servirse de los materiales vernáculos que la zona misma les ofrecía.

Los paramentos

No es en los monumentos del arte oficial del alto Imperio donde hay que buscar los modelos que se impondrán entre los bizantinos. Se pueden encontrar más fácilmente en los restos de las construcciones corrientes y, sobre todo, en las ruinas de ciertas oscuras ciudades donde la escasez de recursos imponía a los arquitectos condiciones equivalentes a las que sufrirán sus sucesores bizantinos. Así, si se recorren las ciudades de segundo orden del Asia romana, tales como Soles o Nysa, se encontrarán numerosos ejemplos de un modo de construcción que se puede resumir en breves líneas: el hormigón forma un núcleo revestido por paramentos de sillería cuyas piedras no están ancladas entre sí; el mortero sustituye a los hierros soldados con plomo, cuyo uso era general entre los romanos de Occidente.

Este empleo del mortero en las construcciones de sillería se remonta bastante lejos en la historia de la arquitectura en Asia. Ya en el segundo siglo antes de nuestra era, Filón de Bizancio lo aconseja para las torres defensivas.[5] La práctica de recibir los sillares con mortero se hace tan general en el bajo Imperio, que son raros los monumentos donde, como el puente sobre el Sangario, las piedras se sientan en seco. En ocasiones, se sustituía el mortero por una lechada de cal. Esto es lo que parece se puede inferir de un texto de Paulo Silenciario en el que, hablando de Santa Sofía, se nos dice que los bloques de sus gruesos pilares fueron sentados «sobre una lechada de piedra calcinada y diluida en agua.»[6]

El aparejo de los revestimientos bizantinos responde generalmente al tipo de la figura 5, procedente de la antigua ciudadela de Esmirna. Cada hilada presenta, además de sillares sentados sobre su lecho de cantera, perpiaños sentados a contralecho.

Esta práctica de sentar los perpiaños a contralecho guarda relación con tradiciones orientales muy antiguas. En Jerusalén aparece nueve siglos antes de nuestra era en los cimientos salomónicos del Templo. Tiene como ventaja que permite reducir el espesor de los perpiaños y, en consecuencia, la cantidad de piedra que compone las fábricas. Además, si los rellenos tendieran a sufrir asientos, el perpiaño, sentado a contralecho, les daría una mayor rigidez para resistirlos.

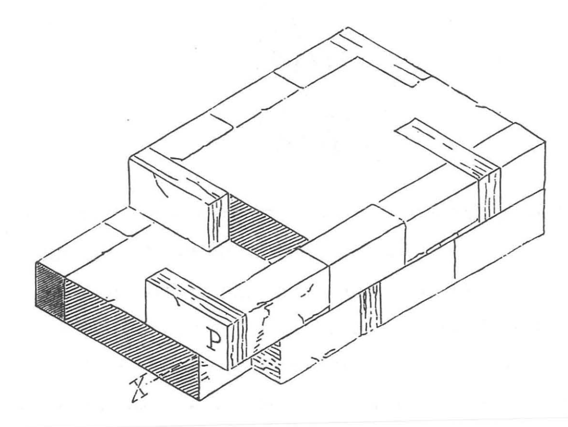


Figura 5. Aparejo del paramento de un muro bizantino (Esmirna)

Los bizantinos no tardaron en darse cuenta de que los paramentos no pueden adherirse a los rellenos a menos que se retraigan como ellos; es decir, ambos deberían contener para un volumen igual, igual cantidad de mortero. Para lograrlo aumentaron el espesor de los lechos de los paramentos reduciendo al mismo tiempo la altura de las hiladas y, en lugar de sillares, pusieron en obra simples mampuestos. En ocasiones, cuando esto no bastaba, intercalaron entre dos hiladas de mampuestos una, dos y hasta tres hiladas de ladrillos (fig. 6). Gracias a esto, la proporción de mortero se iguala entre el cuerpo del muro y los paramentos, los asientos se producen de forma uniforme en toda la masa y los riesgos de desconexión desaparecen.

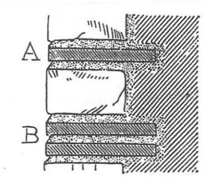


Figura 6. Detalle de paramento anclado con hiladas de ladrillo intercaladas

En estas obras mixtas son los ladrillos los que hacen el papel de perpiaños. Algunas veces incluso, a falta de ladrillos, se emplean, para ligar el paramento al relleno, largos tubos de cerámica que se hunden como anclajes en el relleno de hormigón (fig.7).[7]

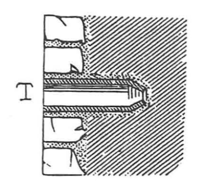


Figura 7. Detalle de paramento anclado con tubos de cerámica

Pero dejemos de lado estos ingeniosos detalles; el verdadero tipo de paramento bizantino es el que presenta la figura 6 y las más afortunadas aplicaciones que se hayan podido realizar se observan en los monumentos de Grecia. Las hiladas de ladrillos contrastan en rojo oscuro sobre el blanco rojizo de los morteros y sobre el gris mate de la piedra. Ordinariamente el mortero se retranquea respecto a la superficie del muro de manera que cada ladrillo, cada mampuesto, tiene su contorno destacado en negro por un trazo de sombra. No se podría conseguir un mejor acuerdo entre los efectos visuales y los verdaderos principios de la buena construcción.

La columna bizantina

Los arquitectos de Roma consideraban la columna como un simple accesorio decorativo. Pensaban que sus bóvedas masivas no admitirían soportes tan delgados, tan proclives a perder la verticalidad. A veces, en las salas de sus termas, los romanos asientan las bóvedas de arista sobre columnas, pero teniendo la precaución de adosarlas a macizos que son los verdaderos puntos de apoyo.[8] La escuela de Oriente apenas nos ha dejado ejemplos de arcadas sobre columnas.[9] Hace falta esperar al menos hasta la época constantiniana para encontrar ejemplos de grandes construcciones abovedadas, tales como las cisternas monumentales de Constantinopla, donde toda la carga se transmite a una retícula de pilares.

La figura siguiente (fig. 8) muestra el aspecto de las columnas bizantinas. Entre el fuste circular y el rectángulo ABCD de los arranques se colocan ordinariamente dos piezas, que corresponden, una al capitel, y la otra al ábaco T que se coloca encima. El capitel permite la transición entre la planta circular del fuste a la planta cuadrada *abcd;* el ábaco T salva la transición entre el cuadrado *abcd* y el rectángulo de los arranques ABCD. Se entiende que, si la sección del arranque es un

cuadrado perfecto, bastará con el capitel, pudiendo suprimirse el ábaco. Éste es el caso de Santa Sofía.

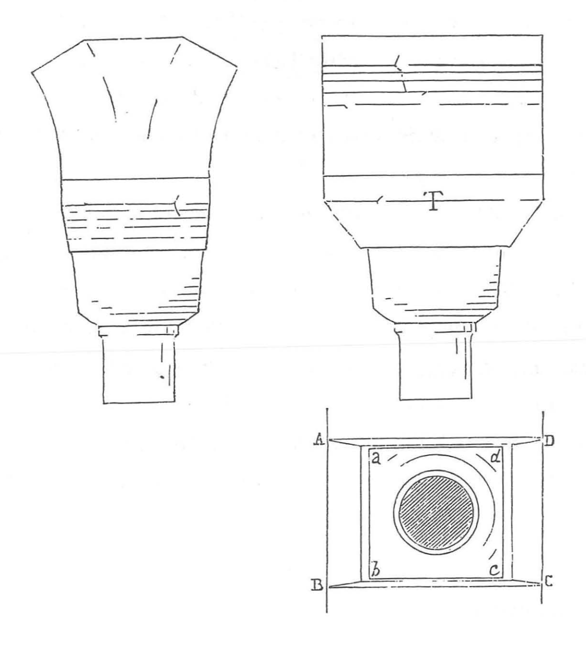


Figura 8. Capiteles bizantinos

La basa, cuando no es la copia de una antigua, se presenta bajo la forma de un zócalo por gradas, o incluso de un capitel invertido.[10] Otras veces, reproduce los perfiles consagrados que se refuerzan en sus cuatro ángulos con cuatro grifos destinados a hacerla menos frágil (fig. 9).[11]

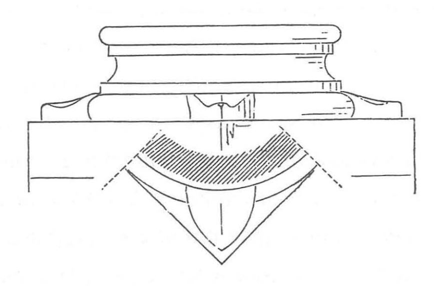


Figura 9. Detalle de una basa con grifos en los ángulos

Los fustes de las columnas eran, preferentemente, piezas monolíticas talladas en bancos de caliza compacta erigidas a contralecho. Los bizantinos reutilizaron frecuentemente los fustes de mármol procedentes de edificios antiguos. Sin embargo, debieron de tener más en cuenta el riesgo de que al cargarlos con el peso de sus bóvedas se provocasen fisuras siguiendo las vetas blandas. Procopio relata que durante la construcción de Santa Sofía algunas columnas sufrieron en todo su volumen una verdadera disgregación, desintegrándose en pedazos.[12]

Para prevenir estas fisuras longitudinales que se intuyen tras el relato de Procopio, los bizantinos recurrieron a anillos metálicos que zunchaban los fustes tanto en la cabeza como en los pies. La figura 10 muestra, en F y F', la disposición de los zunchos en Santa Sofía. Zunchos del mismo tipo rodean en la zona del capitel las columnas de la iglesia de Vatopedi en el monte Atos, etc.[13]

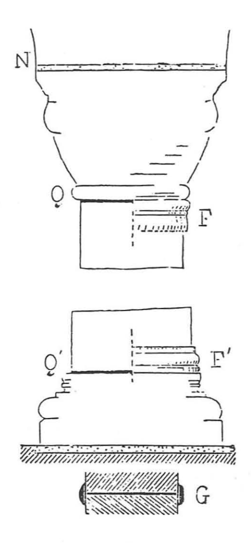
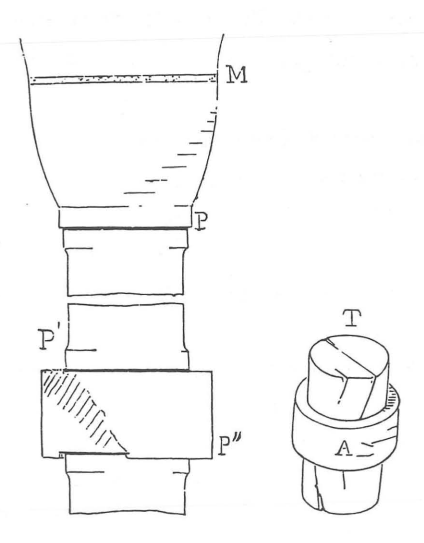


Figura 10. Refuerzo del fuste mediante zunchos metálicos F y F'(Santa Sofía de Constantinopla)

Cuando la falta de recursos obliga a los bizantinos a renunciar a las piezas monolíticas reforzadas con zunchos, subdividen el fuste en dos o a lo sumo tres tambores tallados en piedras a contralecho, pero siempre con la precaución de intercalar entre estos tambores piezas estrechas A (fig. 11 bis) sentadas sobre el lecho de cantera y dejando vuelos en todo el contorno. De esta forma, si los tam-

bores intentasen quebrarse verticalmente (croquis T), las piezas interpuestas A detendrían la grieta, desempeñando el papel de verdaderos perpiaños. El ejemplo más destacado que nos queda de esta asociación entre tambores estrechos sobre lecho de cantera y tambores altos a contralecho, nos lo ofrece la cisterna de las Mil y Una Columnas, en Constantinopla.

Por último, para mayor garantía, los bizantinos procuran asentar sus columnas sobre lechos realizados con un material plástico, para conseguir un reparto de las cargas más uniforme; este material es el plomo laminado. Casi siempre colocan los tambores de las columnas sobre hojas de plomo de un milímetro de espesor, aproximadamente.[14]



Figuras 11 y 11 *bis*. Fuste compuesto de tambores estrechos, a lecho, y tambores altos, a contralecho

El uso de lechos de plomo se remonta a la época del alto Imperio y, lo mismo que el del mortero en las construcciones de sillería, tendría un origen oriental. De este lado del Adriático no conozco ningún ejemplo. Aparece en la costa de Dalmacia con el palacio de Diocleciano, oriental tanto en su concepción como en sus procedimientos. Debemos citar a continuación, por la fecha de su construcción, la basílica constantiniana de Belén.[15] Después, al comienzo de la era bizantina, las aplicaciones se multiplican: en Jerusalén, las puertas del recinto del

Templo, y en Constantinopla, la basílica de San Juan, las grandes cisternas, San Sergio y Santa Sofía.

En la figura 11 se marcan con trazos negros los lechos de plomo que se observan en la cisterna de las Mil y Una Columnas. Estos lechos P, P', P''.., no existen más que entre los tambores de los fustes, es decir, en los puntos donde la sección portante es más pequeña. En M, entre el nacimiento de la bóveda y la gran plataforma del capitel, donde la superficie de apoyo es aproximadamente tres veces mayor que en P, se han contentado con una simple capa de mortero; el plomo se reservó para los puntos donde la carga era excepcionalmente fuerte.

La columna de Marciano nos ofrece otro ejemplo de asiento sobre lechos de plomo, ejemplo doblemente curioso porque pone en evidencia los inconvenientes del sistema. El plomo, empleado aquí con un espesor excesivo (0,013 m), cedió bajo la carga, de modo que, para asegurar la verticalidad del fuste, hubo que recurrir a calzos y someter al plomo a un importante remache en los bordes. Éste es el peligro del uso del plomo: su tendencia a desbordarse por todo el perímetro del lecho, sin que pueda ponerse límite al efecto de aplastamiento que sufre.

Los bizantinos evitaban este efecto de aplastamiento mediante una utilización muy ingeniosa del zunchado. Para impedir que el plomo se desborde, se rodea la junta (fig. 10) con los zunchos F o F' quedando éste confinado, sin que pueda ni aplastarse ni extenderse. En la práctica de hoy en día, los constructores griegos ponen en los fustes de una pieza, no solamente un lecho de plomo, sino además un zuncho de hierro tal como se indica en el croquis G.[16] Una vez más, en éste como en otros aspectos de la historia de la construcción en Oriente, podemos explicar las prácticas constructivas del pasado gracias a su pervivencia en los modos actuales.

2

Bóvedas construidas sobre cimbras

La bóveda de cañón

Como veremos, los bizantinos no creían que fuesen imprescindibles las cimbras para levantar una bóveda. Según las circunstancias, sabían cómo librarse de las limitaciones del cimbrado, o someterse a ellas. Esta diferencia de procedimientos clasifica naturalmente a las bóvedas bizantinas en dos categorías bien distintas. La construcción sobre cimbras se aplica a las bóvedas de cantería y a la mayor parte de las bóvedas de sillarejo, y el modo de construcción sin cimbra sólo al ladrillo.

Examinaremos a continuación las bóvedas de cañón construidas sobre cimbras donde, por lo general, predominan los métodos tradicionales de las antiguas escuelas de Asia.

Si hubiera que caracterizar con un solo ejemplo el espíritu que guía a los constructores del Asia romana en la realización de sus bóvedas, se podría escoger como modelo una de las galerías subterráneas de las termas de Hierápolis, cuya representación ofrecemos en la lámina I, 1.

Las dovelas inferiores, que pueden colocarse sin la ayuda de cimbra, se entrelazan unas con otras formando un cuerpo macizo bien trabado. Pero a partir del punto en que se hace necesario soportarlas con una cimbra, éstas se disponen conforme al croquis de la figura 12, constituyendo una serie de arcos independientes, simplemente yuxtapuestos y provistos cada uno de un reborde R.

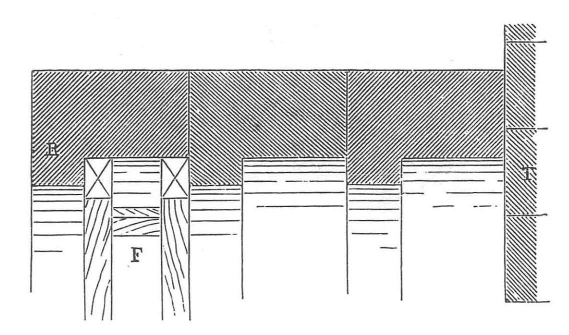


Figura 12. Galería subterránea en las termas de Hierápolis. Sección longitudinal de la bóveda

El objetivo práctico perseguido con este singular aparejo es evidente: construir toda la bóveda con la ayuda de una sóla cimbra móvil como la F. Esta armadura F se instalaría sucesivamente bajo cada uno de los arcos y, para eludir el riesgo de que al cargarla se deformase lateralmente, se daba forma al reborde R, que la mantenía en su plano y a plomo. Este aparejo entrañaba una cierta complicación en el corte de las dovelas. Pero a cambio no era necesario un cimbrado general, lo que suponía un ahorro muy apreciable en una zona donde la madera para construir era escasa. Esto ocurre en la mayor parte de las bóvedas de cañón de las tumbas de Hierápolis (lám. I, 2) que no se hicieron con la ayuda de cimbras, sino con la de largas losas que apoyaban por sus extremos en sendos muros piñones. En las ruinas de Laodicea de Lycus encontramos de nuevo el aparejo sin traba de la figura 12, menos los rebordes R. Este mismo aparejo desligado se reproduce en el pequeño templo de Spalato. En todas partes domina la tendencia a liberarse de las complicaciones del cimbrado, pero ciertamente a costa de soluciones bastante malas del aparejo.

Frecuentemente los romanos de Oriente dan a sus bóvedas un trasdós poligonal del tipo de la figura 13. Eligen esta opción cuando quieren transformar en dovelas bloques tales como A o B, ya labrados. Eso permite utilizar la cara superior *ab* del bloque, o dos de sus caras, *ab* y *ac*. El corte se simplifica y, al mismo tiempo, la unión del trasdós con el tímpano se vuelve más fácil. La mayor parte de las arcadas de Spalato están aparejadas así.

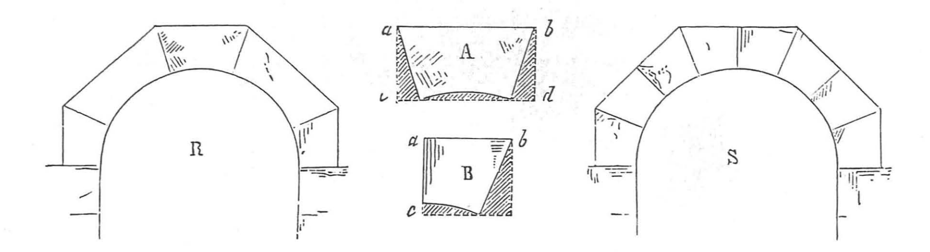


Figura 13. Bóvedas de trasdós poligonal. Detalle del corte de las dovelas

Ya hemos dicho cuán parcos se muestran los griegos de Asia en el uso de herrajes en la construcción de muros. En las bóvedas de cantería llegan a eliminarlos por completo. Se reducen así las roturas que un asiento, incluso imperceptible, entrañaría si las dovelas estuviesen trabadas. Se tiende pues, a dar a la bóveda toda la elasticidad posible. Esta exclusión es aún más significativa cuando se produce en bóvedas que se empotran en los machones. Las bóvedas subterráneas del templo de Aezani, las del zócalo que soporta el gran templo de la acrópolis de Pérgamo o las del teatro romano de Esmirna, nos ofrecen otros tantos ejemplos de esta técnica.

Las bóvedas bizantinas de cantería son iguales a las de tipo romano. Como en las bóvedas romanas de Oriente, las dovelas son independientes. Así son las bóvedas del puente construido por Justiniano sobre el Sangario (fig. 14).

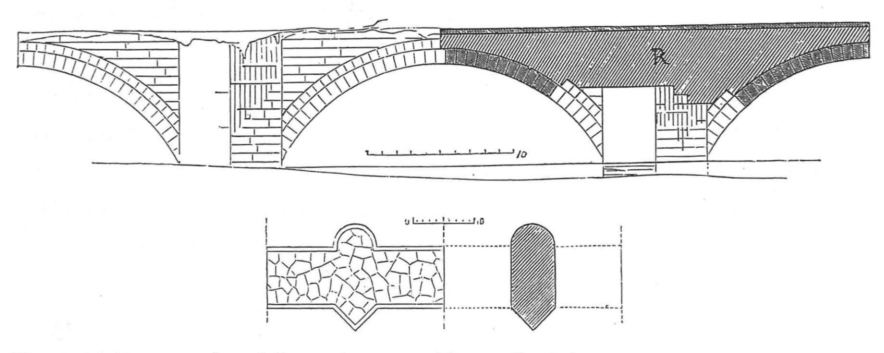


Figura 14. Puente sobre el Sangario construido por Justiniano

Los arcos se trazan en arco de circunferencia y se trasdosan con un relleno de mampostería ordinaria para alcanzar el nivel de la vía. En las construcciones anexas se observa un trasdós poligonal que no aparece en los grandes arcos.

Examinamos ahora las peculiaridades que aparecen si las bóvedas se construyen con materiales de pequeño tamaño. Cuando los bizantinos trabajan con sillarejos en vez de con sillares, raramente se toman la molestia de darles la forma de dovelas. Los sillarejos se sientan sobre un baño de mortero, de manera que éste rellene los intersticios que dejan los lechos en el trasdós, figura 15.

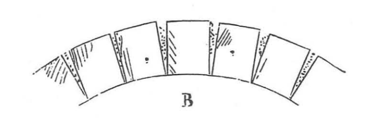


Figura 15. Bóveda de sillarejo con juntas de mortero

O bien (fig. 16, A), colocan entre dos mampuestos un ladrillo, repartiendo las separaciones entre un número doble de lechos. Algunas veces (croquis C), en lugar de un ladrillo se intercalan dos.

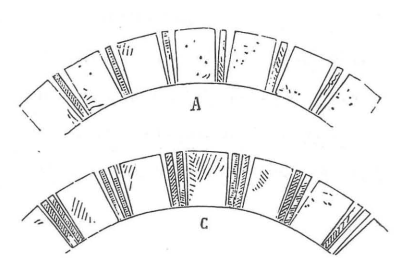


Figura 16. Bóveda de sillarejo con juntas de ladrillo

Para esta solución a veces se reemplazan los ladrillos (fig. 17) por trozos de teja, tanto más curvados cuanto más próximos se encuentren del trasdós. Citaremos como ejemplo la antigua capilla athonita de San Panteleemón (lám. XIX, fig. 2).

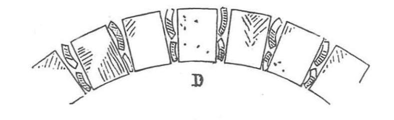


Figura 17. Bóveda de sillarejo con juntas de trozos de teja

En el monte Atos, el ladrillo se emplea ordinariamente sin mezclarlo con sillarejos o mampuestos. Imitando ciertos ejemplos romanos de Asia,[1] los ladrillos de

la clave se disponen transversalmente en forma de cuña entre las dos mitades de la bóveda (fig. 18).

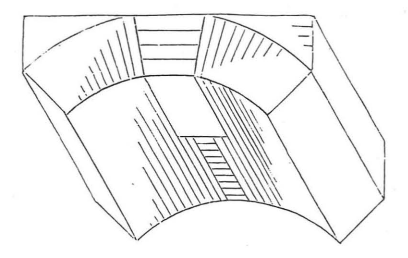


Figura 18. Bóveda de ladrillo con clave de hiladas horizontales (antiguo teatro de Sardes)

En San Marcos de Venecia, los arcos de ladrillo de la gran nave presentan, cada siete lechos, una hilada de grandes ladrillos que desempeña un papel de trabazón semejante al de las verdugadas en los muros.

Señalamos, como última particularidad, la costumbre de reforzar las bóvedas con nervios transversales, verdaderos arcos perpiaños, a intervalos que varían entre los 3,30 m y los 4,50 m. La bóveda sobre arcos perpiaños representada en la figura 19 pertenece a una de las cisternas de la ciudadela bizantina de Konya.

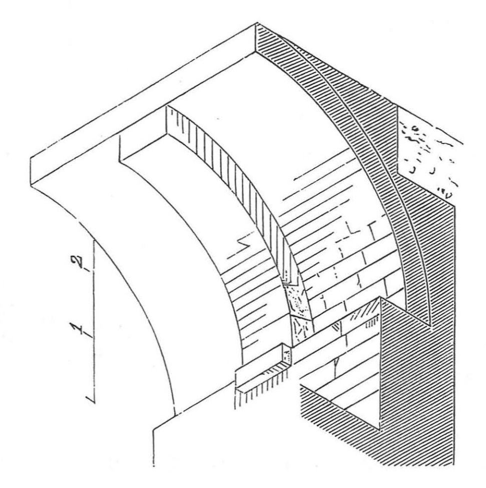
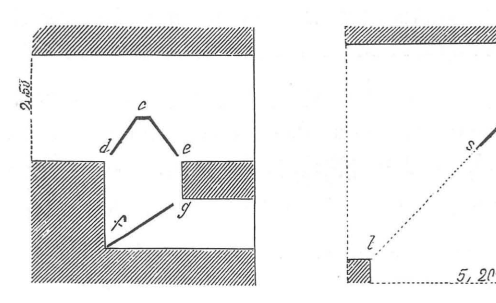


Figura 19. Bóveda sobre arcos perpiaños (cisterna en Konya)

Intersecciones y bóvedas de arista

Bóvedas de cantería

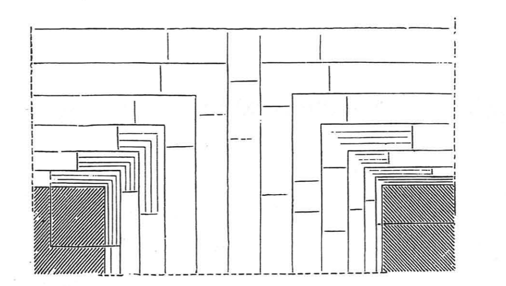
Se sabe cuánto preocupaba a los romanos de Occidente evitar los encuentros entre bóvedas de cañón. Cuando dos galerías debían cruzarse, se eludía el problema colocando los arranques de las bóvedas a distintos niveles. Por el contrario, los romanos de Oriente y, antes que ellos los pueblos griegos de Asia Menor y de Siria, admitían sin tantas reservas la bóveda de arista. Sus edificios ofrecen frecuentes ejemplos de bóvedas de cañón en esquina (figs. 20 y 21), que presentan al mismo tiempo la arista saliente de la llamada bóveda de arista y la entrante de la bóveda de rincón de claustro.

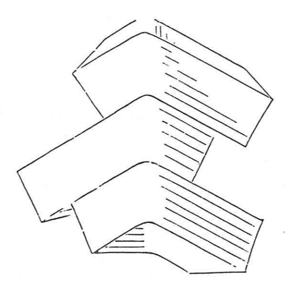


Figuras 20 y 21. Intersección de bóvedas de cañón (izquierda, teatro de Nicea; derecha, teatro de Gerasa)

En el tramo de una arista entrante, tal como la *as* (fig. 21), las dos bóvedas interrumpidas se apoyan la una contra la otra y se sostienen mutuamente. Es inútil procurar entre ellas una trabazón. En efecto, toda arista entrante está siempre marcada por una ruptura en la continuidad del aparejo, un bisel. Esta característica se verifica en el teatro de Nicea (fig. 20), en el teatro de Hierápolis y, mejor todavía, en el teatro de Gerasa (fig. 21). Este último ejemplo es más significativo aún porque muestra de un solo golpe de vista los dos casos de arista, saliente y entrante; arista entrante de *a* hasta *s*; saliente de *s* hasta *b*. Mientras la arista es entrante, habrá una completa desunión de los materiales. Cuando la arista se vuelve saliente, comienza la ligazón entre ellos.

Una vez establecida esta distinción, nos vamos a fijar especialmente en el caso de las aristas salientes. Se encuentran bóvedas, tales como las del zócalo de Baalbek (fig. 22), donde el aparejo de la intersección es totalmente comparable al que se utiliza hoy día. Aquí, como en nuestras modernas bóvedas, los sillares del ángulo forman montacaballos que enlazan entre sí las hiladas correspondientes a los dos cañones. Sin embargo, los antiguos veían con recelo estas dovelas acodadas que se quiebran al menor asiento. Para atenuar el daño de las roturas tomaron la precaución (fig. 23) de redondear el ángulo que forman en su encuentro los planos de las juntas (odeón de Atenas, teatro de Hierápolis, etc.).





Figuras 22 y 23. Aristas salientes de una bóveda de intersección (derecha, planta de una intersección, Baalbek; izquierda, arista saliente con dovelas acodadas)

Todavía encontrarían una mejor solución: evitar totalmente las piedras a montacaballo. Los medios para eludir su empleo se resumen en la figura 24, tomada de uno de los más antiguos monumentos de Pérgamo.[2]

La mitad de la derecha de la figura presenta una intersección entre dos cañones de igual altura, A y C. La mitad de la izquierda, una intersección entre dos cañones A y B de alturas desiguales, un «luneto.» Para la intersección en luneto, la bóveda de menor altura B se construyó como si fuera aislada. Luego se apoyaron sobre ella las hiladas del cañón principal A. En cuanto a la intersección entre las bóvedas de igual montea A y C, ésta es una verdadera bóveda de arista, y las dovelas de los encuentros de esta bóveda se disponen conforme al dibujo en perspectiva de la lámina X, 1. Los detalles de ejecución de esta intersección se han dibujado en la figura 25.

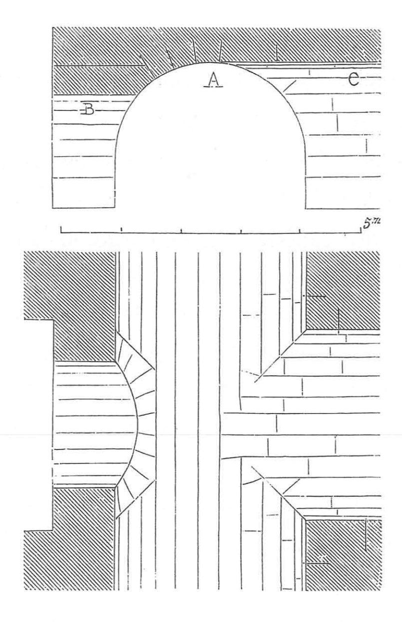


Figura 24. Intersección de cañones sin dovelas acodadas (Maltepe, Pérgamo)

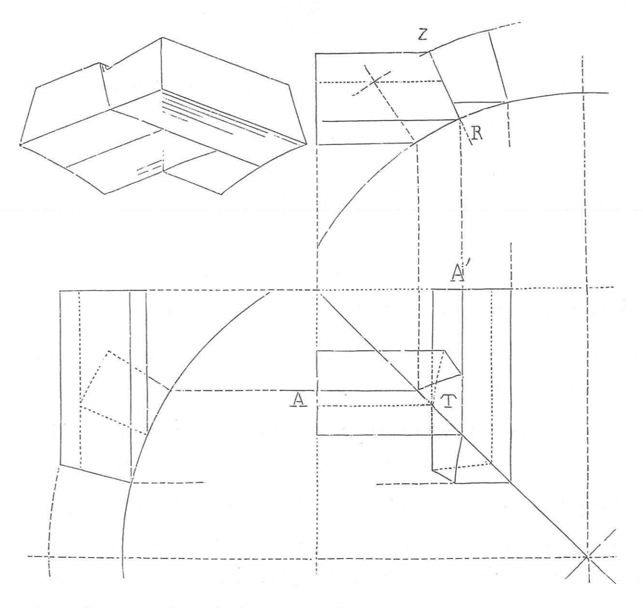


Figura 25. Despiece de una arista de intersección

Llamemos A y A' a dos dovelas que se encuentran; A no es sino una dovela corriente que se prolonga más allá de la arista, y que gracias al ligero rebaje en T viene a empujar según el plano ZR contra la dovela que la cruza. Las dovelas A y A' se traban igual que las piedras de ángulo en un aparejo en espiga. No hay dovelas acodadas, ni ángulos entrantes. Las únicas singularidades que distinguen una dovela de arista A son, pues, la sección oblicua ZR que lo remata y el rebaje T.

Este rebaje, cuando se practica (fig. 26) en una dovela V situada en la parte superior de la bóveda, libera una porción de intradós *bck* de forma triangular, perfectamente admisible. Pero en el caso de una dovela cercana a los arranques, la dovela V' por ejemplo, esta porción de intradós viene a ser un cuadrilátero irregular *b' c' ma'*, que se ajusta muy mal.

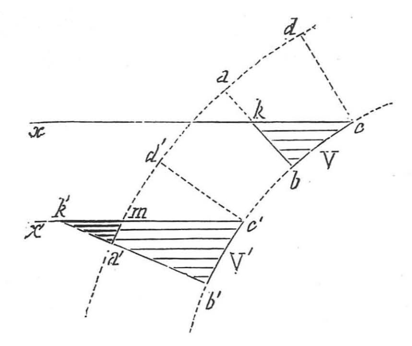


Figura 26. Detalle del corte de las dovelas de una arista de intersección

Este inconveniente lo obvian los constructores de Pérgamo (fig. 24) aceptando que en las primeras hiladas el aparejo sea a montacaballo, mientras que por contra en Gerasa se resuelve con la ayuda de un aparejo a base de enjarjes, del que la lámina X, 1, da por otra parte una idea suficiente.

Este era el modo de construcción admitido en Siria durante el período romano, así como durante toda la existencia del imperio bizantino. Las ruinas de Gerasa testimonian cómo la tradición constructiva permanecía todavía viva en pleno siglo XII, momento en el que los cruzados, para no renunciar a la contratación de los obreros locales, abandonan el sistema sobre nervaduras adoptando el aparejo oriental. Salvo raras excepciones, los monumentos de los cruzados están above-

dados como en la figura 25 (iglesia de Abu-Gosch, palacio de los hospitalarios de San Juan, Santa Ana de Jerusalén, etc.). Los materiales son sillarejos de pequeño tamaño pobremente labrados, pero siempre siguiendo los modelos antiguos. La presencia de mortero entre los lechos marca la principal diferencia entre estas bóvedas de la Edad Media y las romanas de Siria.[3] Todavía hoy se construye de esta forma en Palestina.

En Constantinopla y en el Asia Menor la tradición constructiva romana fue menos persistente. Se dudaba, se caminaba a tientas. Por eso, cuando Justiniano se propuso construir el puente del Sangario, no se pudo encontrar canteros capaces de aparejar una arista. Se eludió el problema tomando la opción indicada en la lámina X, 3, y definida por el dibujo situado más abajo, figura 27. En primer lugar se construyó la bóveda cuyo eje es ST, recortada según ASB, A'SB' y, en los vacíos que ofrece el recorte, se ajustó como se pudo el cañón de la intersección. Método oportuno, bastante simple, y que caracteriza bien el desigual desarrollo de los métodos en las diversas escuelas que confluyen en el arte de construcción bizantino.

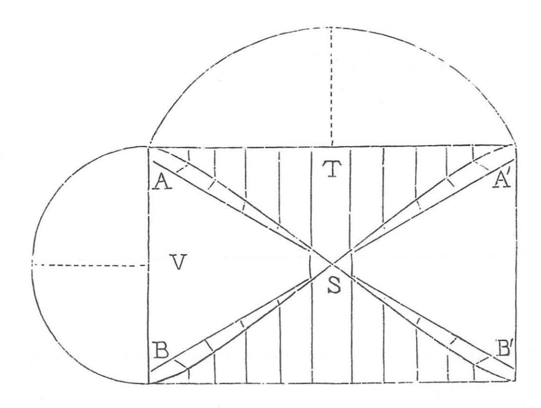


Figura 27. Proceso constructivo para resolver la intersección de dos bóvedas de cañón. Puente sobre el Sangario

Bóvedas de ladrillo

Los bizantinos nos han dejado numerosos ejemplos de bóvedas de arista donde el ladrillo se emplea igual que el sillarejo en las construcciones sirias. Basta susti-

tuir, por ejemplo, en el tipo de bóvedas de arista de Gerasa (lám. X, 1), las hiladas de sillares por ladrillos, para hacerse una idea bastante exacta de las bóvedas de arista bizantinas que podemos ver en el monte Atos, en Grecia o en el Exarcado. Hay que tener en cuenta, sin embargo, las diferencias de detalle. Los ladrillos se labran mal, por eso hay que conformarse con recortar sólo los que constituyen la arista, para darles un perfil lo más parecido posible al que indicaría el trazado geométrico. Con el mortero se rellenan los huecos y se corrigen las posibles imperfecciones del corte.

Cerca de la clave, donde el intradós se confunde casi con un plano horizontal, la solidez de estas bóvedas de materiales precariamente encajados inspiró a los bizantinos una cierta desconfianza. Por eso renuncian a todo trazado geométrico y elevan normalmente la clave de todas las bóvedas de arista en la forma que indica la figura 28. La bóveda así modificada se descompone en cuatro paños que se contrarrestan dos a dos y pueden mantenerse en equilibrio aunque no exista ligazón entre ellos.

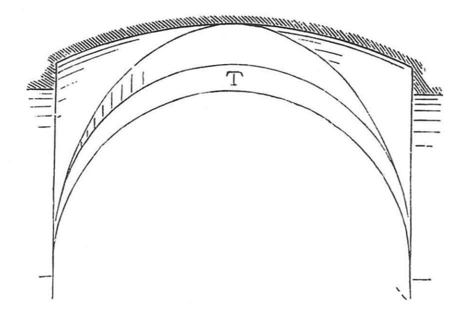


Figura 28. Bóveda de arista peraltada de ladrillo

Este peralte presenta otra ventaja. Permite adoptar para los arcos diagonales arcos de circunferencia en lugar de elipses, haciendo desaparecer a la vez, las posibilidades de inestabilidad y las complicaciones de trazado.

Por último, cada hilada de ladrillos está ligeramente arqueada. Particularidad que se produce también en las hiladas de sillarejo de nuestras bóvedas medievales y, que en ambos casos, admite una misma explicación. En vez de construir sobre un cimbrado general, nuestros constructores medievales sólo colocaban cimbras para los nervios de las aristas de las bóvedas. Después, apoyando sobre

estos nervios una cercha móvil, iban construyendo las hiladas arqueadas de los plementos. Si imaginásemos la cercha apoyada directamente sobre dos armaduras diagonales de madera, tendríamos aplicado, punto por punto, el mismo método utilizado en las bóvedas bizantinas. En rigor, la cercha móvil es aquí superflua, ya que una hilada de ladrillos puede ser construida con una inclinación muy fuerte sin estar sostenida más que por la cohesión de su lecho de mortero. De esta manera la bóveda de arista se ejecuta sin más gasto de cimbrado que la colocación de dos armaduras diagonales. Pronto veremos que los bizantinos llegaron a superar también este último obstáculo con un ingenioso aparejo de ladrillo.

3

Construcción sin cimbra: principios, bóvedas de cañón

Procedimientos generales

Se admite comúnmente que el empleo de una cimbra es la primera condición para construir una bóveda. Eso es cierto si se trata (fig. 29) de una bóveda construida por hiladas radiales que vuelan progresivamente en el vacío.

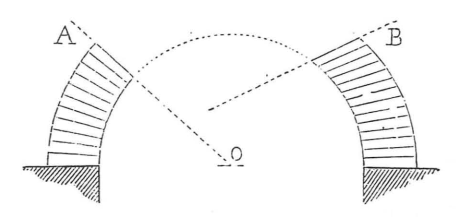


Figura 29. Construcción de bóvedas de cañón por lechos radiales

Pero nada obliga a construir la bóveda por lechos radiales . No es necesario que se cumpla esa condición, puramente gratuita, para poder realizar todos los tipos de bóvedas sin recurrir a ninguna cimbra, sin más materiales que ladrillo y mortero. En lugar de construir por lechos tales como A ó B, será suficiente (fig. 30) con disponer los ladrillos por hojas verticales tales como TT'.

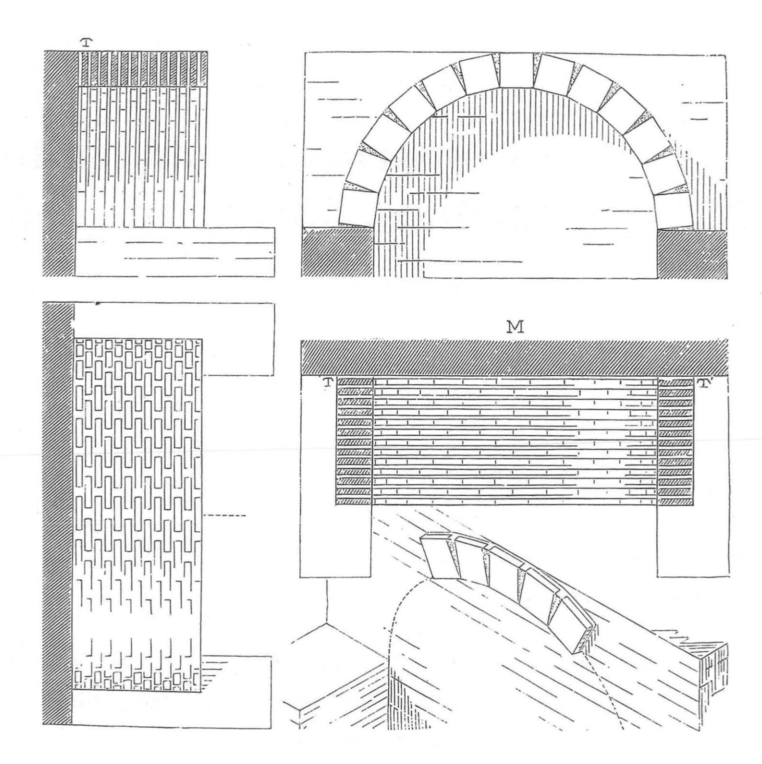


Figura 30. Construcción de una bóveda de cañón por hojas verticales

Veamos cómo procedían los bizantinos en el caso de una bóveda de cañón. Sea M un muro de cabeza que sirva de punto de arranque al cañón. Por medio de una capa de mortero se adhieren contra este muro M los ladrillos destinados a formar la primera hoja; la segunda viene a soldarse a la primera como ésta se ha unido al muro de cabeza y así sucesivamente. La bóveda se prolonga por hojas en lugar de levantarse a base de hiladas y la adherencia que fija cada una de las hojas a la que le precede, hace totalmente superfluo todo soporte auxiliar

Este es el método en su simplicidad teórica. Sigamos ahora más de cerca el desarrollo de los trabajos.

Consideremos la primera hoja T. En tanto que permanece inacabada los ladrillos se sustentan por la mera fuerza del mortero que les une al muro M (ver el croquis en perspectiva en la parte inferior de la figura 30). Examinemos ahora esta hoja una vez terminada; a partir de este momento constituye un arco que se sos-

tiene por sí mismo, es un primer trozo de bóveda. Nada impide que a este trozo de bóveda se añada una nueva hoja, a ésta una tercera y así sucesivamente.

Si el mortero no fragua muy pronto y enérgicamente, está claro que las hojas corren el riesgo de deformarse por pandeo o de que los ladrillos se desprendan. Los bizantinos evitan esta doble dificultad reemplazando las hojas verticales de la figura 30 por hojas más o menos inclinadas, como puede verse en la figura 31.

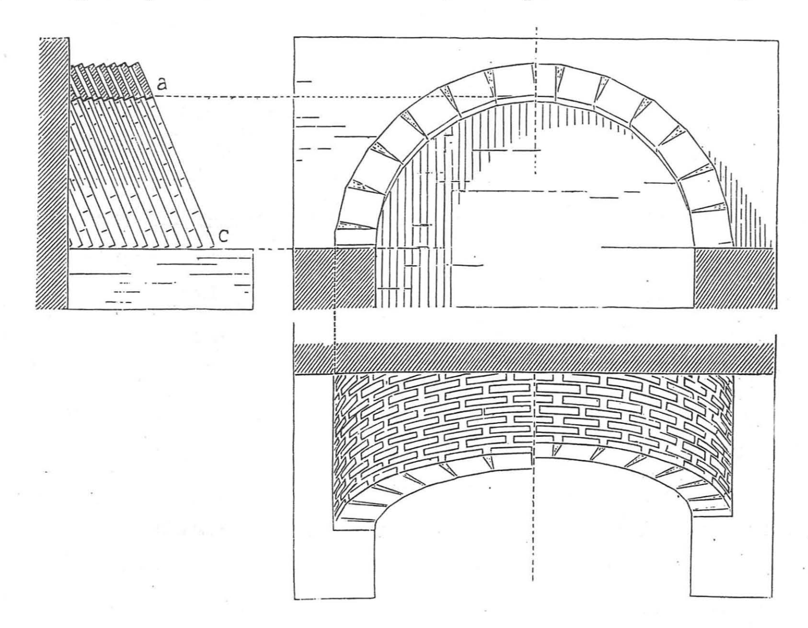


Figura 31. Construcción de una bóveda de cañon por hojas inclinadas

Gracias a esta modificación los ladrillos se apoyan sobre planos inclinados tales como el *ac,* en lugar de hacerlo sobre superficies verticales. Se logra así que ladrillos y hojas tengan una menor tendencia a deslizar y a deformarse. El intradós no es ya una superficie lisa y cilíndrica. Presenta una sección dentada, pero eso constituye en realidad una ventaja a la hora de revestirla con estucos o mosaicos, ya que estos retranqueos servirán para su sujeción.

La inclinación de los lechos sobre la vertical es normalmente de un cuarto de ángulo recto. El ejemplo siguiente, que procede de las ruinas del palacio de Blaquernas, puede ser considerado a este respecto como una solución típica, figura 32.

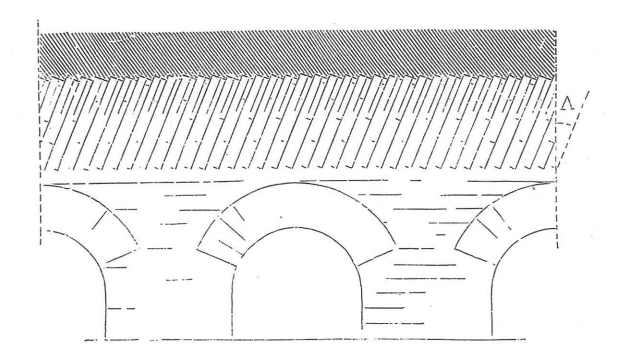


Figura 32. Bóveda de cañón de hojas inclinadas (Ruinas del palacio de Blaquernas)

Por lo general, la inclinación de las hojas se rige esencialmente por las dimensiones de los ladrillos y la calidad del mortero. En el ejemplo anterior, donde la inclinación A es de 22°, la dimensión de los ladrillos es de 0,33 m de lado por 0,04 m de espesor. A medida que los ladrillos presentan mayor espesor o menor superficie, el ángulo A se abre más. Cuando, de forma excepcional, se emplean sillarejos en vez de ladrillos, este ángulo se toma de 45°, como en el caso de las bóvedas de Nicea, lámina V, 2.

Es frecuente que la inclinación A de una hoja se acentúe más en la base que en la parte superior de modo que la hoja, en lugar de mantenerse plana, se curve en la forma indicada en la figura 33. Esta curvatura le da más consistencia e incrementa la estabilidad.

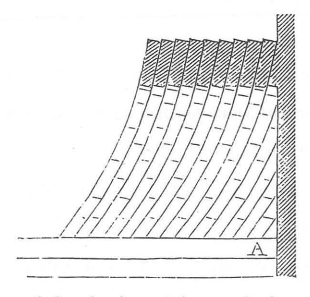
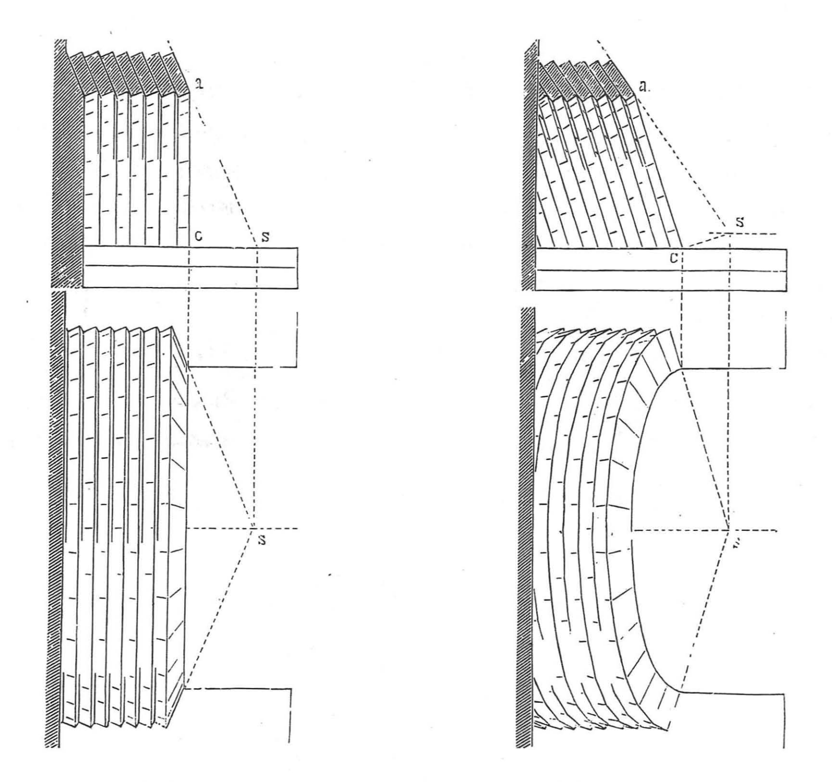


Figura 33. Construcción de una bóveda de cañón por hojas curvas

Inclinar o curvar las hojas es pues, una primera forma de evitar los efectos del deslizamiento. Otro artificio, que encaja plenamente en el mismo orden de ideas,

consiste en sustituir las hojas planas por hojas troncocónicas. En lugar de las hojas planas y verticales de la figura 30, imagínense (fig. 34) anillos cuya superficie se engendre por la rotación de una línea oblicua *sa* alrededor de la horizontal *cs*. Cada hoja se convierte en un tronco de cono y los anillos sucesivos se embuten en lugar de adosarse. La oposición al deslizamiento de los ladrillos crece a medida que aumenta la conicidad.

Por último, una solución que reúne las ventajas de todas las precedentes consiste en utilizar hojas que cumplan la doble condición de ser cónicas y de tener sus arranques inclinados (fig. 35).



Figuras 34 y 35. Construcción de bóvedas de cañón por hojas troncocónicas. Izquierda, base recta; derecha, base inclinada

Antes (fig. 34) el plano base de una hoja era una superficie vertical. Ahora este plano de base *ca* se ha inclinado, y el vértice *s* del cono se ha elevado por encima

del nivel de los arranques. El perfil de la bóveda deja de ser circular para convertirse en elíptico, pero al ser la inclinación de las hojas usualmente pequeña, la diferencia es inapreciable.

Así, disponemos de cuatro variantes principales que se adoptan prácticamente en todas las bóvedas ejecutadas sin cimbra, y que pueden clasificarse como sigue:

1º grupo.

Bóvedas por hojas planas	—verticales (fig. 30)
	—inclinadas o curvas (figs. 31 y 33)

2º grupo.

Bóvedas por hojas cónicas	—de base vertical (fig. 34)
	—de base inclinada (fig. 35)

A estos tipos generales conviene añadir el representado en la figura 36, donde se combinan los dos modos de construcción: por hojas y por hiladas.

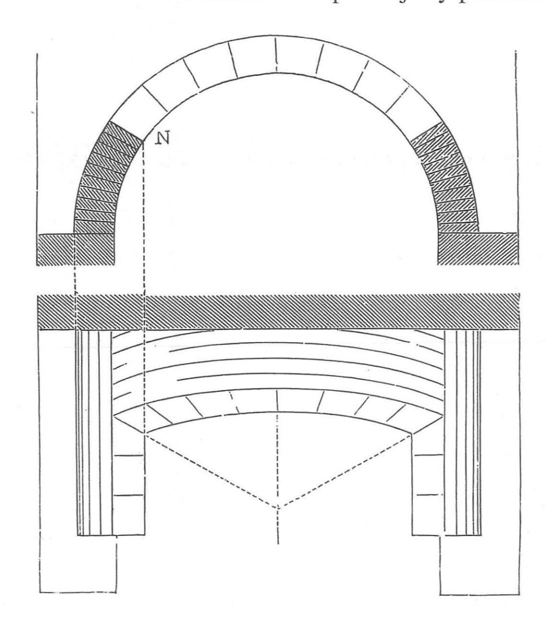


Figura 36. Construcción mixta de bóveda de cañón, a base de hojas e hiladas

En la zona de los riñones, donde la fábrica por hiladas radiales se puede construir sin cimbra, los lechos de la bóveda son convergentes. Después el procedi-

Aquí las fases de ejecución se leen en la estructura misma de la bóveda. La zona de los riñones, hasta H, fue ejecutada sin cimbra; el arco T, sobre cimbras, y el casquete C, aparejado directamente en el espacio.

El modo de construcción por hojas cónicas es básicamente simple, pero un inconveniente muy evidente limita su aplicación: hace falta que la bóveda llegue a describir en planta al menos una semicircunferencia (fig. 82).

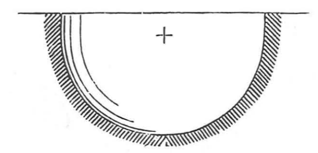


Figura 82. Bóveda de horno de hojas cónicas, planta semicircular

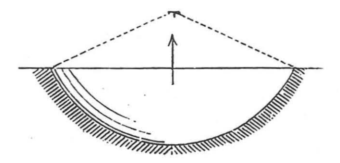
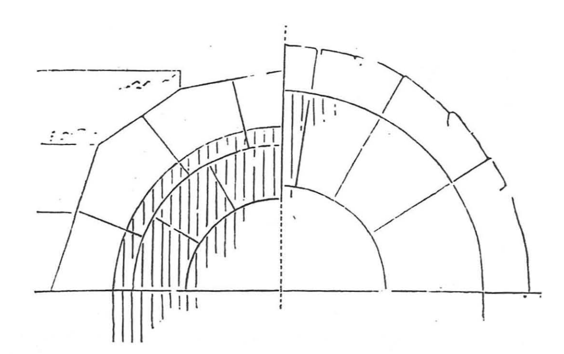


Figura 83. Bóveda de horno de planta inadecuada

Si no (fig. 83), los lechos cónicos desarrollan, perpendicularmente al plano de cabeza, empujes que no se neutralizan y que invalidan el sistema, debiéndose recurrir a la solución de juntas en abanico, caracterizada en las figuras 84, 84 *bis* y siguientes.



Figuras 84 y 84 *bis*. Bóveda de horno con juntas radiales. Izquierda, teatro de Gerasa; derecha, pretorio de Musmiye, Ledjah

En este nuevo sistema la disposición radial de las juntas transmite los empujes a derecha y a izquierda, evitando los deslizamientos hacia el vacío, de suerte que el achatamiento más o menos acentuado de la bóveda no puede influir en nada sobre la estabilidad.

El ejemplo de la figura 84 proviene del pequeño teatro de Gerasa, y el de la figura 84 *bis,* del pretorio de Musmiye (Ledjah). La misma disposición se encuentra en el pretorio de Sanamén (Haurán), etc.

En las termas de Nicomedia (fig. 85) se ha reemplazado la cantería por una fábrica de ladrillo con lechos en abanico. Como se ve en la figura, los lechos inclinados se apoyan unos en otros. La tradición constructiva del monte Atos[8] demuestra que, para ejecutarlos, bastará emplear a modo de cimbra una simple cercha de cabeza.

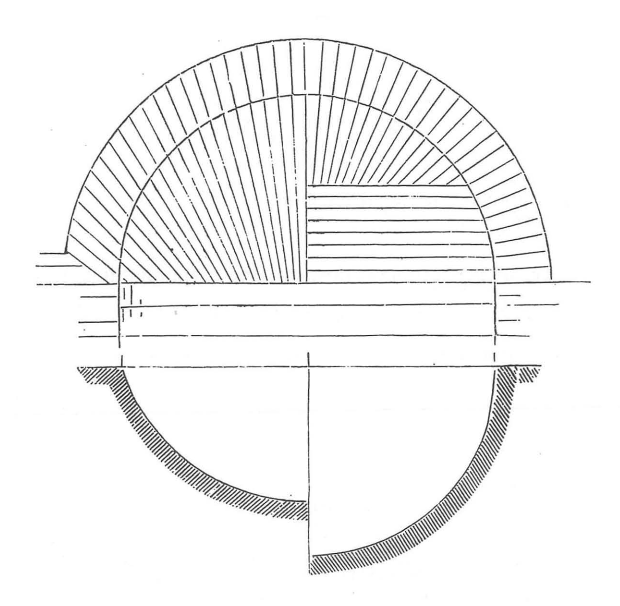


Figura 85 y 85 *bis*. Bóveda de horno de ladrillo con lechos radiales. Izquierda, termas de Nicomedia; derecha, Spalato

En Spalato (fig.85 *bis*) se encuentran los dos sistemas, cónico y convergente, combinados; el cónico, en toda la zona de los riñones y el sistema de abanico, en la parte alta. Cada uno se utiliza donde su empleo es más fácil.

miento cambia y la bóveda se termina por hojas. Esta solución mixta, extremadamente práctica, fue la más usada por los bizantinos. De ello se encontrarán ejemplos en las láminas II, III, IV, etc.

A continuación se ofrecen algunas observaciones particulares para precisar y completar la descripción general del sistema:

1° Una vez sentada una hoja T (fig.37), los bizantinos tienen —así lo creemos al menos— la precaución de consolidarla recubriendo toda su superficie con una capa de mortero de espesor 0,04 a 0,05 m, y contra esta capa colocan, a continuación, los ladrillos de la hoja siguiente T'. Los enormes espesores de mortero que separan entre sí las hojas de ladrillo deben de responder a un procedimiento como éste, por tongadas generales para cada hoja.

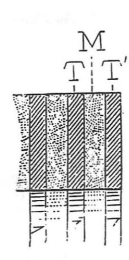


Figura 37. Consolidación de hojas mediante enlucido superior.

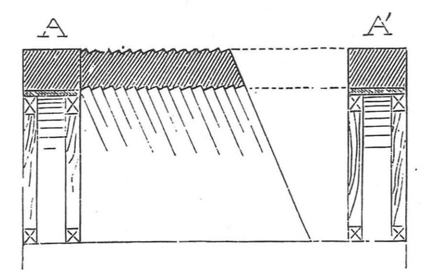


Figura 38. Construcción por hojas inclinadas entre arcos de cabeza.

2° Sea cual sea el tipo adoptado es evidente que para construir por hojas hace falta partir de un muro de cabeza tal como el muro M (véase fig. 30 más arriba). A falta de muro se elevaría, según los procedimientos ordinarios, un arco de cabeza A (fig. 38), y se prolongaría la bóveda sin emplear cimbras. Una vez terminada la bóveda sería necesario estabilizarla, o contra un segundo muro testero, o contra un segundo arco de cabeza A'. Si se tratase de una galería abovedada de gran longitud, la complicación que supone cimbrar los dos arcos que forman las cabeceras sería realmente insignificante. Por otra parte, la forma de construir sin cimbra no depende de estas circunstancias. Sigamos pues considerando que la bóveda se desarrolla entre dos muros de cabeza; la construcción se puede realizar de dos maneras diferentes:

Se puede (fig. 39) partir de una de las cabezas S, continuar hasta la otra y cerrar el intervalo entre la última hoja y el segundo muro de cabeza con la ayuda de un relleno F.

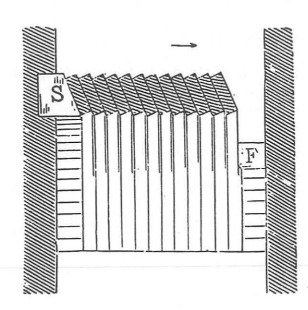


Figura 39. Bóveda de hojas construida entre muros de cabeza: encuentros de la bóveda con los muros (termas de Nicomedia)

Pero ordinariamente, para acelerar el trabajo, se comienza la bóveda a la vez por sus dos extremos (figs. 40 y 41). Una cuadrilla comienza en uno de los muros testeros y la otra en el opuesto. La unión se realiza por medio de los ladrillos T (fig. 40) colocados por hiladas radiales y acuñados entre los dos tramos de bóveda.

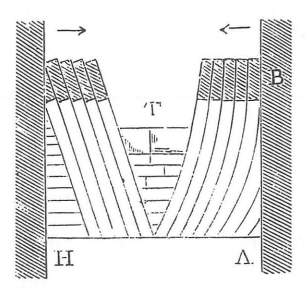


Figura 40. Bóveda de hojas construida desde los muros de cabeza hacia el centro (arco de Constantino)

Esta forma de cerrar exige que los ladrillos T se corten según el espacio que hayan de rellenar, originando laboriosas soluciones como la descrita en la figura 41. El empalme, en el caso de la figura 41, se obtiene con la ayuda de una doble

hilada de ladrillos dispuestos en espina de pez, que forman entre sí un ángulo V más o menos abierto según el tamaño del espacio a cubrir.

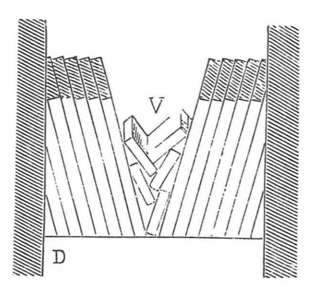


Figura 41. Bóveda de hojas construida desde los muros de cabeza hacia el centro: encuentro con aparejo en espina de pez (Santa Sofía)

La solución de la figura 39 se encuentra en las antiguas termas de Nicomedia (lám. II, 2); la de la figura 40 se halla en el ya citado arco de Constantino, en Salónica (lám. IV, 1), así como en las bóvedas bizantinas de las cisternas de la Acrópolis de Atenas. El aparejo de la figura 41 corresponde a Santa Sofía de Constantinopla (lám. IX, 1).

El tipo indicado en la figura 42 es más usual aún. Consiste en alternar los lechos radiales R con hojas tales como la T, en la región media ABCD. El lecho

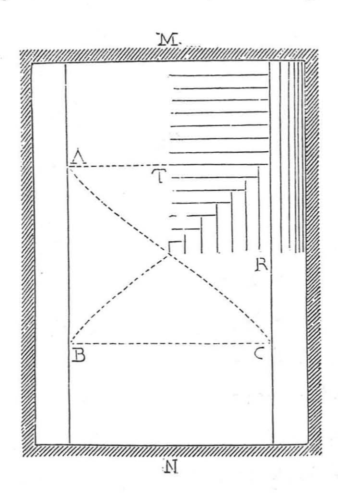


Figura 42. Bóveda construida en su tramo central alternando hojas T y lechos radiales R

radial R alcanza entre sus extremos un desarrollo bastante corto, de modo que puede contribuir a la estabilidad a pesar de su fuerte inclinación. El lecho siguiente estará más inclinado aún, pero, a cambio, ofrecerá un desarrollo un poco más corto. Y así sucesivamente. Pueden citarse como ejemplos, la bóveda de Salónica representada en la lámina VII, 2; los cañones de una cisterna situada también al pie de la ciudadela de Salónica; una bóveda de la iglesia de los Siete Durmientes de Éfeso, etc.

En otras ocasiones (fig. 43), en lugar de alternar una hilada radial con una hoja transversal, se establece la alternancia entre un grupo G de tres o cuatro hiladas y un grupo de hojas H más o menos equivalente. Reproducimos (lám. V, y lám. VI, 3) diversas bóvedas realizadas según este método. Las de la lámina V proceden de las fortificaciones de Nicea y las de la lámina VI, de la iglesia de San Panteleemón en Salónica.

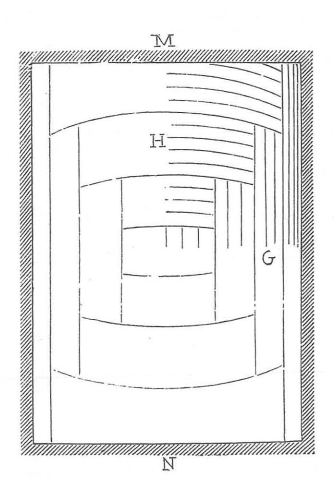


Figura 43. Bóveda construida alternando hojas H y lechos radiales G

Aunque las bóvedas de hojas se ejecuten sin cimbra, para construirlas hace falta al menos disponer de algún instrumento que nos guíe en el espacio. Inmediatamente surgen dos formas de hacerlo: una, que basta con enunciar, consiste en el empleo de una cercha móvil que pasaría de una hoja a la siguiente; la otra, mucho más práctica, se basa en el empleo de barras directrices o cintreles, cuyo funcionamiento se comprenderá con un ejemplo. Pongámonos en el caso de

que la hoja a trazar sea un tronco de cono de eje horizontal, figura 44 (caso de la figura 34, más arriba).

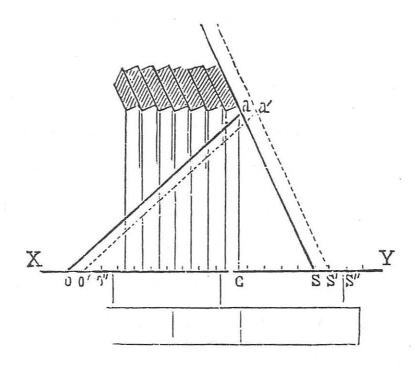


Figura 44. Trazado de las hojas en tronco de cono de base vertical

El trazado de la figura 44 no requiere más que un eje XY, un cintrel *sa*, y un cordel *oa*. Las líneas *sa*, *so*, *oa* forman un triángulo que basta con girar para engendrar la superficie cónica de una hoja. Con la hoja terminada, se hará avanzar el triángulo generador hasta *s'a'o'*. Y así sucesivamente. La figura 45 muestra cómo habría que modificar el procedimiento para adaptarlo a las hojas inclinadas.

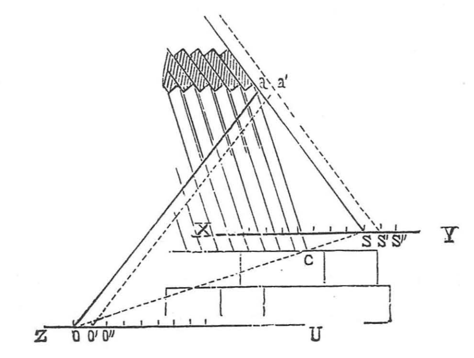


Figura 45. Trazado de las hojas en tronco de cono de base inclinada

Inútil es por otra parte insistir en los modos de traza que se imponen en cuanto se asumen los fundamentos del método. Es el momento de considerar el sistema en sí mismo, sus inconvenientes y sus ventajas. Lo que distingue nuestras bóvedas de las que venimos tratando, es la separación de la fábrica, que se encuentra cortada, descompuesta por así decir, en una serie de hojas verticales que sólo el mortero solidariza entre sí.

¿Qué pasaría si una sobrecarga aislada viniese a cargar sobre una u otra de las hojas? La hoja comprimida, al estar imperfectamente unida a sus vecinas, sufriría por su propia cuenta una deformación elástica que, en caso de acentuarse mucho, agrietaría el mortero separando la hoja comprimida de las otras. Los bizantinos así lo comprendieron.

Por eso evitaban aplicar el procedimiento a bóvedas sometidas a esfuerzos violentos y bruscos. Creo, por tanto, que habrían vacilado en construir un arco de puente a base de hojas, aunque abovedasen de este modo sin miedo las salas de sus grandes edificios, las galerías de sus cisternas, etc. La conservación de las bóvedas que nos quedan del siglo VI justifica bien la confianza que tenían en este tipo económico de construcción.

Las bóvedas de hojas ofrecen una última ventaja, la de un empuje menor que el de las bóvedas por hiladas. Dos hojas contiguas, estando en cierta medida solidarizadas entre sí por el mortero que las une, forman un conjunto comparable a los arcos de madera conocidos como armaduras de Philibert de L'Orme. Si la ligazón creada por el mortero fuera perfecta, una bóveda de hojas sobre dos apoyos podría llegar a tener un estado de equilibrio compatible con la completa ausencia de empujes. Fiarse absolutamente de esta propiedad sería exponerse a graves riesgos, pero no es menos cierto que existe y que contribuye a reducir el esfuerzo de vuelco ejercido por las bóvedas sobre sus apoyos. En suma, empujes pequeños y estabilidad suficiente para las necesidades corrientes; tales son, junto con el ahorro de cimbras, los méritos del sistema por rebanadas.

Hay numerosos edificios donde este aparejo se asocia al vulgar procedimiento de ejecución por hiladas radiales sobre cimbras. El dibujo siguiente hará comprender el espíritu que preside la combinación. Es la planta de un pórtico doble del monasterio de los Santos Apóstoles de Salónica, en la que se distinguen cuatro bóvedas A, M, C, C, de proporciones muy diversas, cuya estructura cambia según varían aquellas, figura 46.

El pórtico exterior A es de planta cuadrada y su bóveda (lám. VII, 2) resulta de la alternancia entre hojas e hiladas. El pórtico interior comprende dos pequeñas galerías C, C de proporción alargada y abovedadas por hojas. Por último, una bóveda central M cuya profundidad es inferior al diámetro, que se construye exclusivamente por hiladas convergentes.

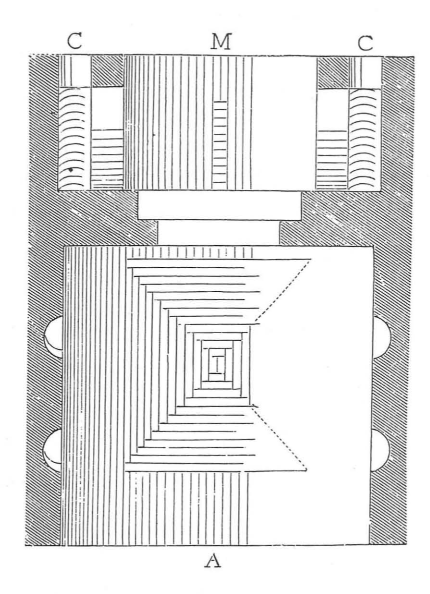


Figura 46. Combinación de aparejo por hojas y por hiladas (pórtico doble del monasterio de los Santos Apóstoles de Salónica)

Estas diferencias estructurales no tienen nada de arbitrarias. En efecto, para elevar una bóveda abierta por sus dos extremos, hace falta un arco de cabeza ejecutado sobre cimbra, sea cual sea la longitud de la bóveda entre sus extremos. Si este desarrollo tiene una longitud como la de A, resulta ventajoso cambiar de sistema y suprimir las cimbras en el tramo que va de una cabecera a otra. Pero cuando este intervalo se reduce como en el caso de la bóveda M, la ventaja que se tenía hace un momento al cambiar de sistema desaparece. Vale más en ese caso ejecutar la bóveda entera sobre cimbras, opción por la que el arquitecto se decidió en este caso.

Cada uno de los dos métodos encuentra de este modo su lugar, por así decir, su función y su papel. Cuando los bizantinos han de optar por uno de ellos, se rigen invariablemente por consideraciones de este tipo. Todo se realiza desde este punto de vista, razonado, metódico, calculado. Su modo de construcción puede algunas veces dar pie a la sutileza, pero nunca deja espacio a la fantasía.

Casos particulares: bóvedas rampantes, helicoidales, etc.

En los antiguos monumentos de Oriente encontramos bóvedas rampantes construidas por arcos escalonados, figura 47.

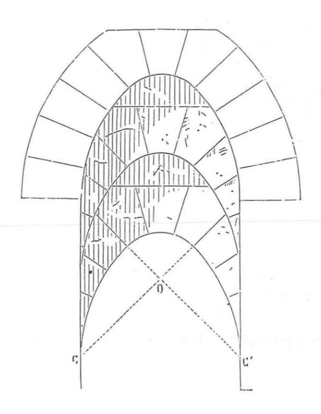


Figura 47. Bóveda rampante de arcos escalonados (ruinas bizantinas de Urum-Kalé)

Esta disposición, que se observa particularmente en el gran teatro de Gerasa, permitía ejecutar los arcos sucesivamente sobre una pequeña cercha móvil. Los bizantinos, al aplicarla, procuraban usar arcos muy peraltados, a fin de que sólo las dovelas superiores exigiesen algún apoyo. El ejemplo de la figura 47 está tomado de las ruinas bizantinas de Urum-Kalé (al sureste de Afium Kara hissar).

Pero esto sólo cubre el expediente. El modo de construcción por hojas inclinadas, tal como lo hemos presentado, resuelve el problema de las bóvedas rampantes de una forma mucho más natural y más sencilla. Supongamos que los materiales a emplear fuesen sillarejos, éstos se dispondrían según hojas o anillos perpendiculares al intradós, figura 48. Gracias a esta fuerte inclinación su puesta en obra no exigirá, evidentemente, ningún soporte auxiliar. Esta disposición de los sillarejos por anillos normales a la rampa se encuentra en la escalera de la torre del homenaje de San Pablo en el monte Atos (lám. IX, 2).

Cuando el material utilizado es el ladrillo en lugar del sillarejo, el procedimiento de la figura 48 se aplica mejor todavía. Las hojas son más delgadas y su adherencia se asegura mejor. Sustitúyanse las hiladas de sillarejo por hiladas de

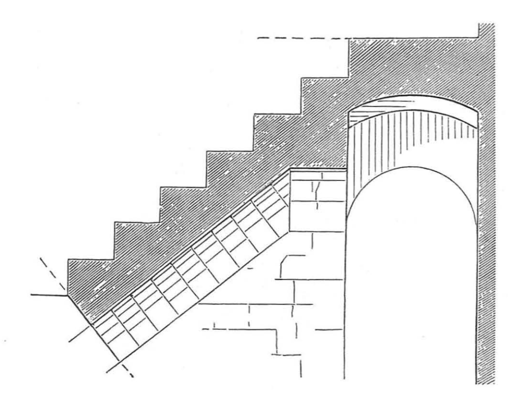


Figura 48. Bóveda rampante de sillarejos sentados en anillos perpendiculares al intradós

ladrillo en la figura 48 y tendremos un ejemplo del tipo de bóveda rampante más extendida en el monte Atos (subterráneos de Dionisos, etc.).

Las bóvedas esviadas se construyen por hojas con la misma facilidad que las bóvedas rectas o rampantes. La figura 49 indica de una manera bastante precisa la forma de las hojas, por lo que nos parece superfluo insistir en esta nueva aplicación del sistema.

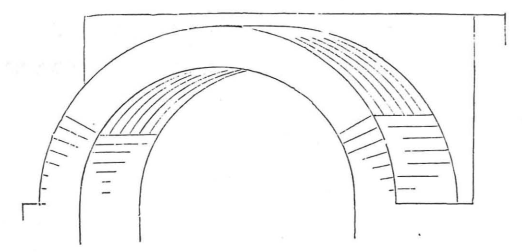


Figura 49. Bóveda esviada construida por hojas e hiladas radiales

El método se puede generalizar más aún. El ahorro que se consigue al lograr la supresión de las cimbras es tanto más apreciable cuanto más complicación o variedad en sus formas presenta la bóveda. Supongamos que en lugar de un intradós cilíndrico se quisiera dar a la bóveda una forma cónica. Evidentemente será suficiente con variar el diámetro de las hojas a medida que la bóveda se ensancha. La figura 50 muestra cómo se empleó este modo de construcción en las troneras cónicas de la muralla de Nicea. No es necesario ningún soporte auxiliar para dis-

poner las hojas de esta bóveda, ya que la propia cabecera T que la remata puede, con la ayuda de un buen mortero, fijarse sin cimbra contra la última hoja.

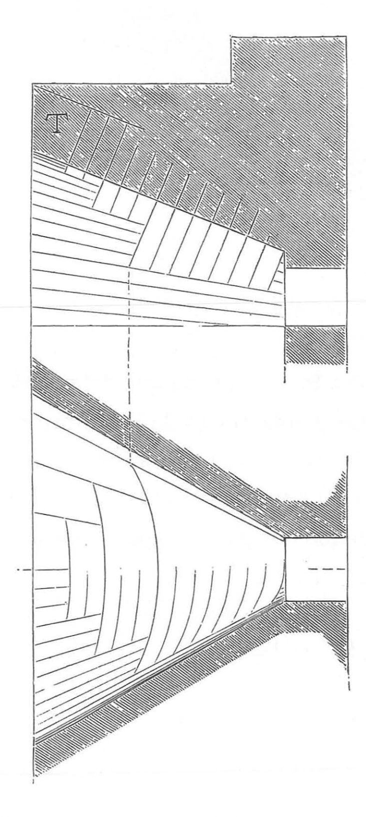
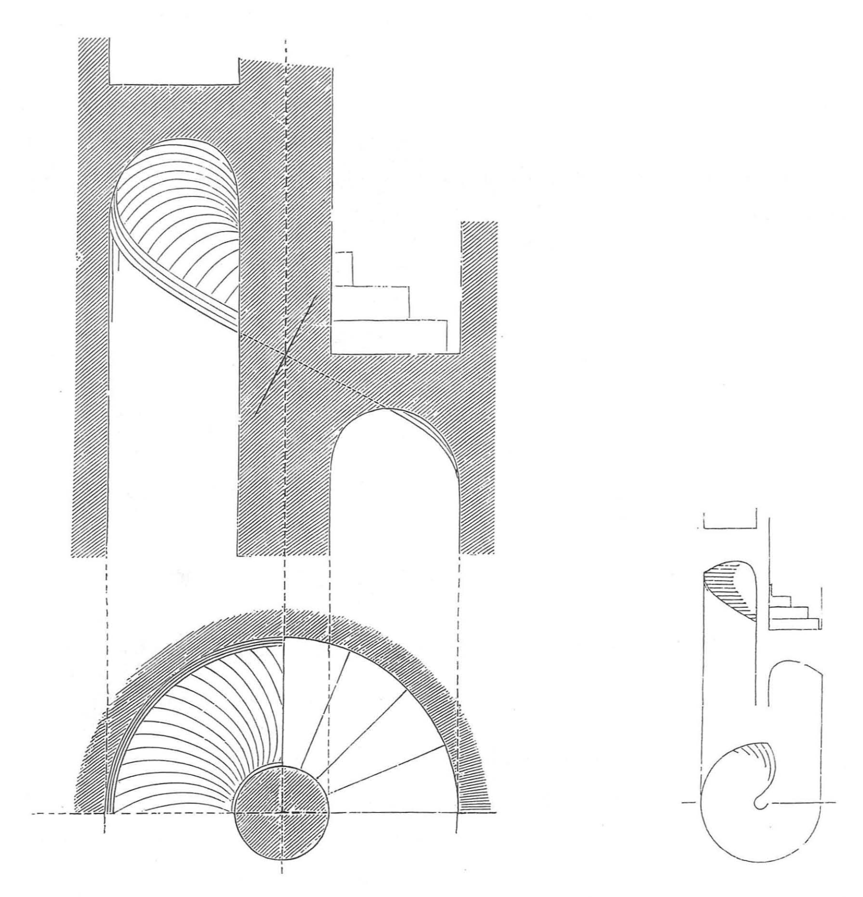


Figura 50. Bóvedas cónicas construidas por hojas de diámetro variable (troneras de la muralla de Nicea)

Según el mismo planteamiento se construirá (fig. 51) la bóveda helicoidal de una escalera de caracol, por medio de hojas de ladrillo dirigidas perpendicularmente a la hélice media. La bóveda de la figura 51 es la de la torre de Alejo Comneno en Pantocrátor (Atos). También se podría citar al respecto la escalera de San Jorge de Salónica, etc.

El croquis 51 *bis* indica una solución más práctica todavía. En esta bóveda, localizada en Santa Sofía de Salónica, las hojas de ladrillo no son más que hila-



Figuras 51 y 51 *bis*. Bóvedas helicoidales construidas por hojas. Izquierda, torre de Alejo Comneno en Pantocrátor, Atos; derecha, Santa Sofía de Salónica

das horizontales que sobresalen progresivamente las unas respecto de las otras. Para entender la idea de esta singular obra, podemos imaginarnos la escalera de caracol como si estuviese excavada en un macizo donde los lechos están a nivel. Sería difícil ir más lejos en el camino de la simplificación.

Observemos, por último, cómo la supresión de las cimbras no tiene por qué implicar necesariamente la disposición de los materiales por hojas, como veremos a continuación.

La bóveda de la figura 52, que forma parte de la iglesia bizantina de Theos-Kyrios en Corfú, conserva todavía hoy los escasos soportes auxiliares que se emplearon. Este cimbrado se reduce a una pequeña armadura de ladrillo, situada al borde de la cabecera de la bóveda. Las ménsulas que reciben esta armadura de ladrillo no aparecen más que en la zona de la armadura, y la mera inspección de la obra muestra que, entre esta armadura y el intradós, nunca pudo existir nada que desempeñase la función de costillas. La bóveda no tuvo, no pudo tener costillas como estructura soporte.

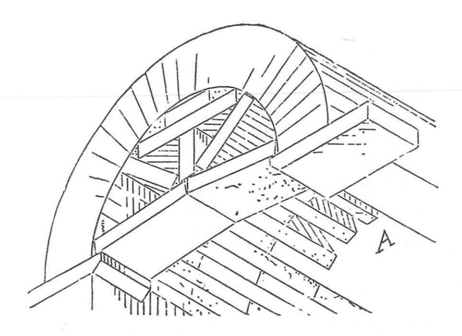


Figura 52. Bóveda de ladrillo construida por enjarjes A (Iglesia bizantina de Theos-Kyrios, en Corfú)

Constatar este hecho permite explicar la forma en que la bóveda fue hecha. Se eleva sobre la cimbra de la cabecera un primer arco cuyos ladrillos A avanzan retranqueándose, formando adarajas o enjarjes según el eje de la bóveda. Entre estos enjarjes A, se colocan ladrillos que forman una nueva serie de enjarjes delante de la primera. Así la bóveda se prolongó por anillos que encajaban entre sí. Sin duda, esto no es un ejemplo aislado. También estarían construidas de esta forma otras bóvedas que no muestran restos de la armadura de la cabecera. Este método por sucesivos enjarjes conviene particularmente a los casos en que se emplean sillarejos, puesto que la adherencia del mortero por sí sola no bastaría para fijarlos en su sitio.

4

Bóvedas de arista

Construcción por hojas: ejecución y trazado

El principio constructivo que los bizantinos aplicaron a las bóvedas de cañón resuelve inmediatamente la cuestión de las bóvedas de arista. Puesto que una bóveda de arista resulta de la combinación de dos cañones que se cruzan, ésta, así como cada uno de los cañones que la constituyen, debe prestarse a la construcción sin cimbras. Será suficiente aplicar a cada uno de los cañones el sistema por hojas o, dicho de otra forma, sustituir la disposición por lechos indicada en la mitad izquierda de la figura 53, por la que corresponde a la mitad de la derecha.

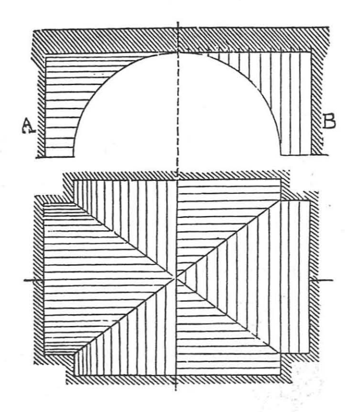


Figura 53. Modos posibles de construcción de una bóveda de arista: por lechos radiales, a la izquierda, y por hojas, a la derecha

Todo se reduce, pues, a simultanear la ejecución de dos cañones elementales según el método que se indica a continuación.

Supongamos (fig. 54) que el espacio a abovedar esté delimitado por cuatro muros C, C' y A, A'. Contra los muros C, C'se construyen, con una ligera conicidad, las hojas señaladas con los números 1, 1, que se destinan a formar las cabeceras del primer cañón.

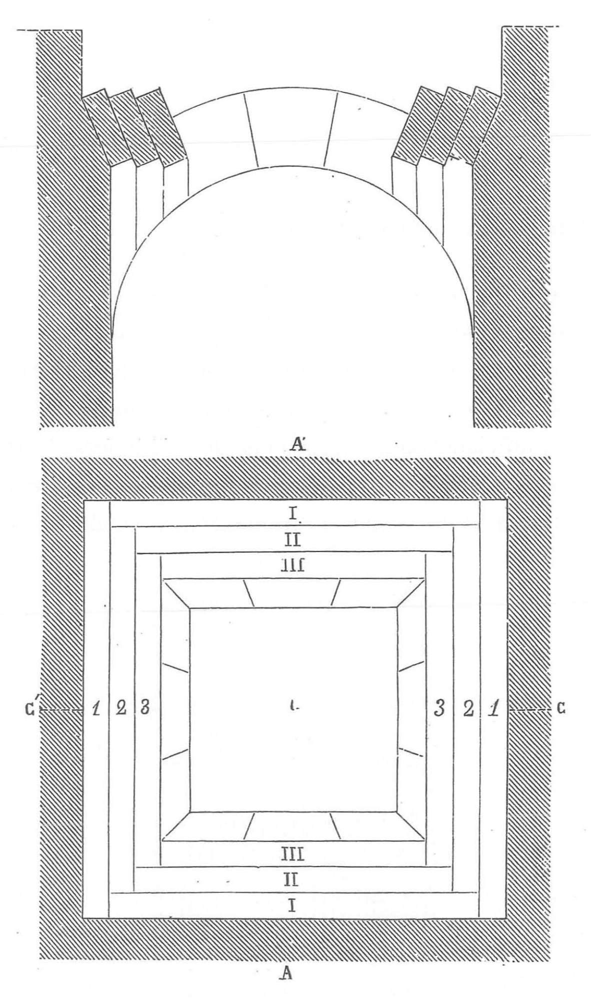


Figura 54. Construcción de una bóveda de arista por hojas

Después se disponen contra los muros A, A, exactamente de la misma forma, las hojas I, I, que serán las cabeceras del segundo cañón.

Volviendo al primer cañón se construyen las hojas 2, 2, y se continúa pasando de un cañón a otro. Las hojas III, III, por ejemplo, encuentran en la superficie convexa de las hojas 3, 3 un apoyo, un salmer. Ellas mismas sirven después de apoyo a nuevas hojas, y así sucesivamente. La figura 55 completará la idea del sistema mostrando la disposición de los ladrillos en la proximidad de los arranques.

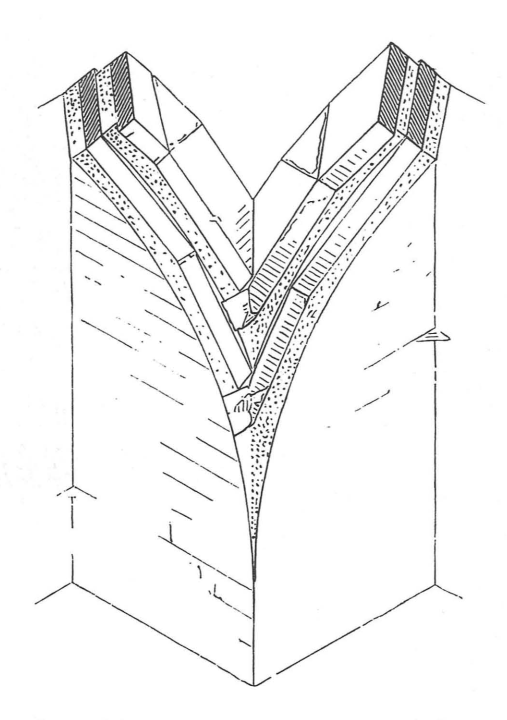
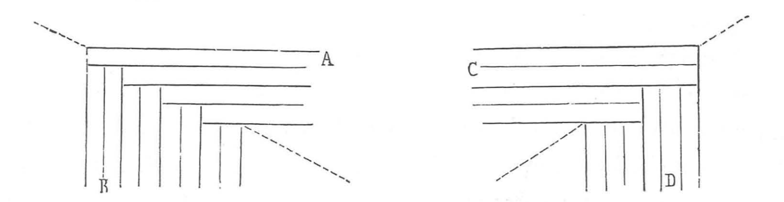


Figura 55. Arranques de una bóveda de arista construida por hojas

Por otra parte, no es necesario que la planta sea exactamente cuadrada. Si se presentara bajo una forma rectangular, sería suficiente con resolver el encuentro entre la hoja A y el grupo B de dos hojas, fig. 56. O bien (fig. 57) entre dos grupos C y D, compuestos, uno por dos hojas, el otro por tres. Con la ayuda del mortero, los agrupamientos de este tipo cumplirán evidentemente todas las exigencias de la práctica.



Figuras 56 y 57. Construcción por hojas de bóvedas de arista sobre base rectangular. Izquierda, proporción 2:1; derecha, proporción 3:2

La lámina XI, 2, muestra una bóveda de arista construida por hojas, cuyas dos bóvedas generatrices son perfectamente cilíndricas. Este ejemplo procede de los subterráneos de Vatopedi (Atos). Bóvedas similares se encuentran en Zografos, pero éstas no son más que excepciones. Como ya se ha advertido, los bizantinos consideran demasiado plana la parte central de estas bóvedas. Por otra parte, la curvatura elíptica de la arista les molesta; doble consideración que se manifiesta en su preferencia por un tipo cuya definición geométrica es más compleja, pero cuyo empleo es más seguro y de ejecución más simple. La figura 58 ofrece la planta y la sección diagonal de esta nueva bóveda de arista.

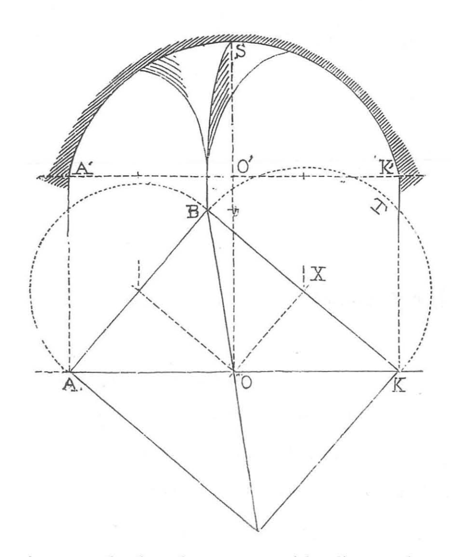


Figura 58. Bóveda de arista peraltada, planta y sección diagonal

El arco diagonal, en lugar de ser una semielipse, es un arco de circunferencia A'SK'. Y cada paño, como el BOK, es un triángulo recortado en una superficie de revolución que tiene por directriz el arco diagonal A'SK' y por eje horizontal OX. Nada en esta definición implica que la planta sea cuadrada; puede ser, perfectamente, un rectángulo alargado. En cuanto a la altura, el arco diagonal A'SK' puede tener mayor o menor flecha, a voluntad. Evidentemente cuanto mayor sea la flecha O'S, mayor será la estabilidad.

El modo de trazarla en el espacio está indicado implícitamente en la figura 58. Imaginemos un paño triangular y examinemos aparte (fig. 59) este paño DCF. Descompongamos el trazado en dos operaciones, una relativa al arco diagonal, y la otra a los arcos de los paños.

1° Arco diagonal: Puesto que este arco es un arco de circunferencia, será suficiente articular en su centro una barra CA, C'A' de longitud invariable y hacerla girar en el plano diagonal CF.

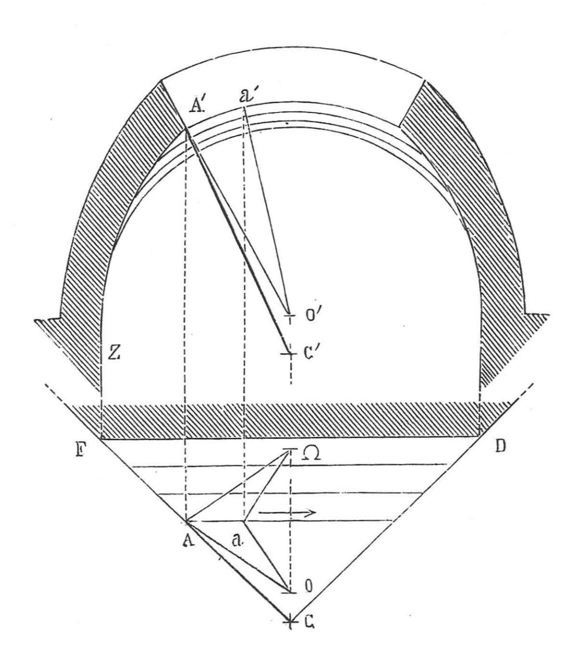


Figura 59. Método para el trazado del arco diagonal y los paños de una bóveda de arista peraltada.

2º Arcos de los paños: Sea A un punto del arco diagonal; O y Ω dos puntos tomados sobre el eje de revolución del paño. Con la ayuda de una regla OA y de un cordel ΩA se construye el triángulo OAΩ, y la rotación de este triángulo en torno a la horizontal OΩ engendra el arco A*a*.

Consecuencias del trazado bizantino

Esta forma de trazar la bóveda de arista introduce en el relieve de las superficies detalles bastante inesperados. Contiene, creo, la explicación de la bóveda bizantina hasta en sus más aparentes extravagancias. Si se corta la superficie por una serie de planos acotados, se obtendrán las secciones horizontales de la figura 60.

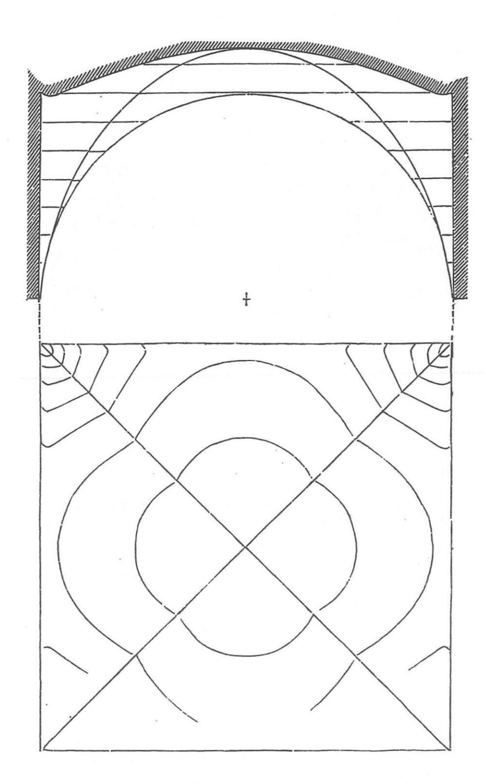


Figura 60. Secciones horizontales a diversas cotas de una bóveda de arista bizantina

Las aristas son salientes y vivas en la zona de los arranques pero muy suaves en la clave, donde parecen borrarse poco a poco para fundirse en la concavidad de una superficie esférica. Esta transición extraña ha sido advertida desde hace mucho tiempo. Como puede verse, no es otra cosa que el resultado del método de generación adoptado.

Veamos, finalmente, el perfil que se obtiene cuando se corta la bóveda verticalmente, según un plano de simetría ΩX (fig. 61). El perfil presenta en F una inflexión y se eleva hacia los extremos hasta hacerse tangente, en T, a la línea OT.[1] Esta inflexión F, seguida de una contracurva FT, se observa en todas las bóvedas peraltadas de arista que manifiestan un cierto cuidado en la ejecución. En todas ellas la superficie de intradós se eleva en trompa en las proximidades de los arcos formeros o muros de cabeza. Es ésta una particularidad bien característica, que puede a su vez servir como indicio del modo de construcción por hojas cuando los enlucidos ocultan o disimulan el paramento.

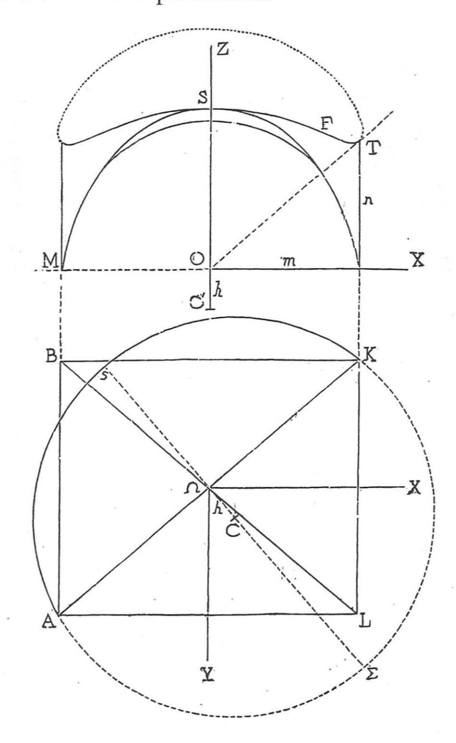


Figura 61. Trazado geométrico de una bóveda de arista

Para completar la idea de estas superficies completamente extrañas a nuestra arquitectura, creemos útil echar una ojeada a las perspectivas de las láminas XI, 1 y XIII, 1. Merece la pena, sobre todo, examinar las bóvedas colaterales inferiores de Santa Sofía de Constantinopla (lám. XXV). Santa Sofía es el ejemplo más curioso que nos queda de esta concepción singular, donde la lógica del carácter griego tampoco se detiene ante las anomalías de la forma.

Casos particulares

Ahora que conocemos el aspecto de las superficies, se entienden fácilmente las ligeras correcciones que la forma teórica de la bóveda admite en las aplicaciones usuales.

La modificación más frecuente consiste (fig. 62) en suprimir el borde extremo de la bóveda, conservando solamente la parte central *abc*.

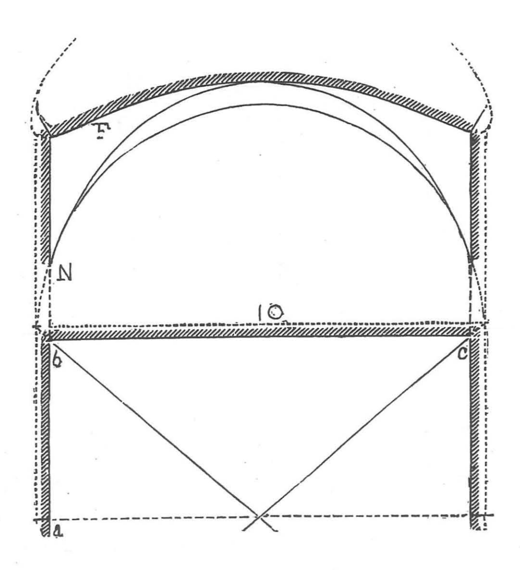


Figura 62. Bóveda de arista con borde extremo suprimido

El perfil se interrumpe así en el punto donde la tangente se hace horizontal, pero la inflexión F (fig. 61) subsiste y conserva en la bóveda este acento especial que acabamos de indicar. Está claro por lo demás que, para realizar esta variante,

es suficiente con tomar los ejes de revolución de los cuatro paños en un plano horizontal O, situado un poco por debajo del nivel N de los arranques.

Se puede proceder más libremente todavía, e incumplir la condición de un centro de intersección común para los ejes de revolución de los cuatro paños. Si es preciso se colocan estos diversos ejes a niveles distintos, lo cual da a la bóveda una flexibilidad de formas que permite adaptarla a las exigencias más variadas de la práctica. Todos los elementos del trazado se vuelven independientes los unos de los otros. Se puede rebajar un paño, peraltar el vecino, dar a la arista la flecha que se quiera y a cada arco de cabeza la altura que convenga. En el nártex de Santa Sofía, a pesar de la forma alargada de su planta, el arquitecto hace uso de esta libertad para dar una misma altura a los cuatro arcos de cabeza de las bóvedas de arista. La perspectiva de la lámina XI, 1, y el esquema de la figura 63 explican suficientemente este artificio.

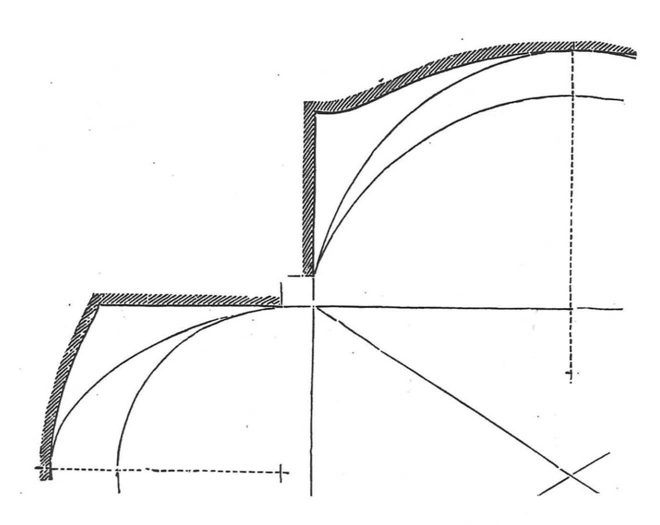


Figura 63. Trazado geométrico de los paños de una bóveda de arista, con ejes de revolución a distintos niveles.

Por lo demás, sería ilusorio atribuir a todas las bóvedas bizantinas un trazado geométrico rigurosamente definido. En más de un caso, la irregularidad de forma que presentan los paños de las bóvedas muestra que los bizantinos se limitan a

emplear un cintrel para trazar la arista. Para resolver la curvatura de las superficies, se fían de un sentido de las formas innato en los pueblos de raza griega. Las torres defensivas de Constantinopla, casi todas construidas con rapidez bajo la amenaza de inminentes ataques, nos ofrecerían, si fuera preciso, más de un ejemplo de este procedimiento.

5

Cúpulas y bóvedas de horno

Cúpulas de cantería

Desde la más remota antigüedad se han construido bóvedas sobre planta circular. La mayor parte de las bóvedas arcaicas, como las de Micenas y Eubea, cubrían salas redondas; por una curiosa casualidad, la elección de la forma circular deriva aquí del mismo tipo de razones que hizo prevalecer la cúpula en la arquitectura bizantina. Los primeros arquitectos veían en su figura, convexa en todas direcciones, una garantía contra las deformaciones. Pero ante todo, prevalecía el deseo de construir directamente en el espacio. Para nosotros, el modo natural de levantar una bóveda parece requerir una cimbra, pero los arquitectos de los tiempos primitivos consideraban las cosas de un modo completamente distinto. No imaginaban este camino costoso y retorcido que consiste en pasar por una construcción temporal de madera para realizar una obra en piedra. Iban más directamente al fin. La forma en que construyeron muestra que, en realidad, la idea de la cimbra es una concepción compleja, fruto de una cultura refinada. Las particularidades de sus bóvedas (fig. 64) se resumen en dos características esenciales: horizontalidad de las hiladas y peralte de los perfiles. Dos circunstancias tan apropiadas al modo de construcción sin cimbra, que su concurso implica evidentemente el procedimiento mismo. Al ser la superficie del lecho plana y nivelada, cada piedra P se coloca en su posición sin posibilidad de deslizamiento. Gracias al peralte del per-

fil AS, este bloque P sobresale suficientemente poco como para no bascular. Sin el más mínimo apoyo se levanta una hilada tras otra. Cada hilada completa constituye un anillo indeformable y, cuando todas las piedras estén colocadas, sólo quedará hacer desaparecer, mediante una operación de desbaste, las partes salientes P.

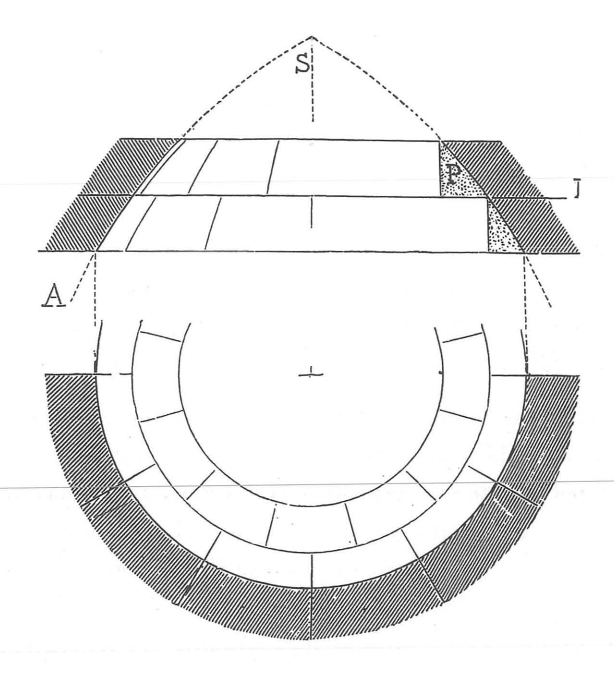


Figura 64. Cúpula arcaica de sillería, con hiladas horizontales y perfil apuntado

La época romana también nos ha dejado ejemplos de bóvedas de cantería sobre planta circular. Las bóvedas que cubren las encrucijadas de las grandes vías de Gerasa son cúpulas de grandes sillares, como también las del templo circular de Baalbek, etc. Confinadas en los límites extremos del territorio romano, estas bóvedas esféricas realizadas con materiales de gran tamaño parecen propias de Oriente. En mi opinión sería en vano buscar ejemplos en nuestra región. Todas están construidas de un modo uniforme. Las dovelas (fig. 65) tienen sus lechos troncocónicos, como los de las cúpulas modernas, pero con irregularidades de detalle bastante frecuentes.

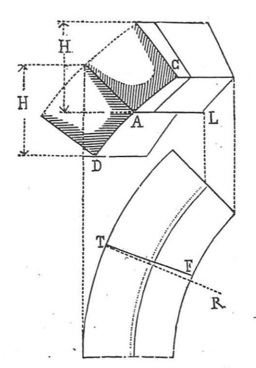


Figura 65. Detalle de las dovelas en las cúpulas romanas de sillería

Veamos estas irregularidades. En primer lugar, las aristas de los lechos, tales como AL (fig. 65), ondulan más o menos en relación con la curva circular que deberían describir. En segundo lugar, los planos de las juntas TF se separan a veces sensiblemente de la dirección TR del plano meridiano.

Cúpulas de ladrillo

A pesar de estas tolerancias, las bóvedas esféricas de sillares eran obras costosas que los bizantinos raramente osaron imitar. Pero lo que sí hicieron fue una ingeniosa aplicación de la idea; transportaron a las bóvedas de ladrillos el principio de los lechos cónicos y así construyeron éstas de acuerdo con las indicaciones del croquis de la figura 66.

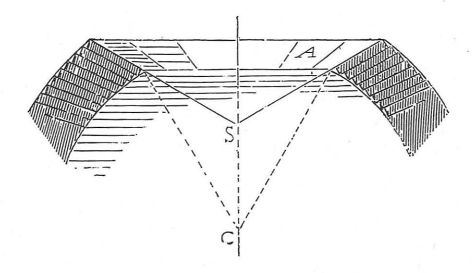


Figura 66. Cúpula bizantina construida a base de lechos cónicos de ladrillo

Colocaron los ladrillos por coronas sucesivas A, que representan individualmente pequeñas superficies cónicas. Alguna vez, como en las fortificaciones de Kutaia, construyeron los riñones de la bóveda por hiladas de sillarejos sentados horizontalmente, excepto en el casquete superior. Éste se construía con ladrillos en hiladas troncocónicas, embutidas las unas en las otras, como muestra la figura 66.

Este aparejo del ladrillo en conos embutidos se adapta muy bien a las necesidades económicas de los bizantinos, pues permitía la supresión de las cimbras. Los ladrillos de una hilada A se colocan sobre una capa de mortero que los fija a la hilada precedente. Después, una vez terminada, esta hilada A se comporta como un tronco de cono con el vértice apuntando hacia abajo, que no puede ni deformarse ni descender; se mantiene en su posición y sirve a su vez de superficie de apoyo para una segunda hilada, ésta para una tercera, y así sucesivamente. Una cimbra no sería más que un estorbo. Nos encontramos bajo una forma nueva, con la aplicación de un método que nos es familiar. Construir una bóveda sin cimbras es ejecutar la fábrica por hojas sucesivas que poseen individualmente una estabilidad propia. Mientras en las bóvedas de arista estas hojas eran troncos de cono con las bases verticales, aquí las bases se disponen horizontalmente. En el fondo, la idea es la misma. Entremos en detalle.

Una vez admitido el principio de los anillos cónicos, parece natural hacer que los lechos tiendan hacia el centro mismo de la esfera, es decir, (fig. 66) hacia el punto C. Según mis conocimientos, los bizantinos no lo hacen nunca. Siempre llevan los vértices de los conos de los lechos a puntos tales como S, situados por encima del centro C. La explicación reside en que, si las generatrices de los conos de los lechos convergieran todas hacia C, tendiendo estas generatrices a la vertical a medida que la bóveda se eleva, uno se vería conducido en la ejecución de los conos de los lechos a verdaderos imposibles. Desde el punto de vista de la facilidad de ejecución, hay gran ventaja en reducir la inclinación de las generatrices por el desplazamiento de C hasta S. Desde el punto de vista de los empujes, la ventaja no es menor. En efecto, se puede asimilar el empuje desarrollado por el casquete superior de una cúpula al esfuerzo de un cono que pesa, cuyo ángulo sería S. A igual peso, el empuje tendente a la separación ejercido por esta cuña cónica será tanto mayor cuanto más agudo sea el propio ángulo S. Así, a medida que la bóveda se construye, hay que elevar el vértice S de los conos de los lechos. De la

posición S este vértice pasa a S', después a S'' (fig. 67). Veamos la regla que parece haberse seguido.

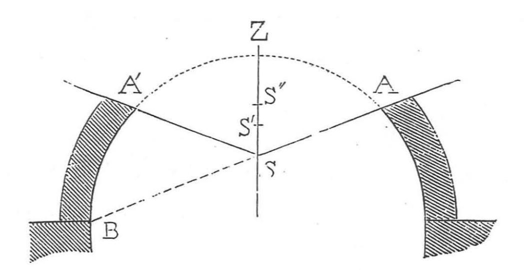


Figura 67. Regla geométrica para determinar la inclinación de los lechos cónicos de una cúpula de ladrillo

Sea A un punto de la superficie cónica y B el extremo opuesto del diámetro de la base. El punto S estará siempre en la intersección del eje Z de la bóveda con la línea BA.

Esta ley no es de ningún modo absoluta. Algunas grandes bóvedas no la cumplen, por ejemplo, la de San Jorge de Salónica de la cual reproduzco aquí un fragmento (fig. 68).

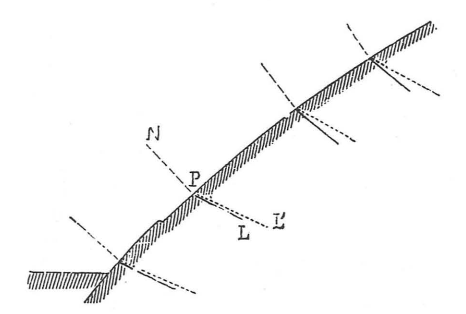


Figura 68. Fragmento de la cúpula de San Jorge de Salónica. Inclinación teórica y real de los lechos cónicos

Pero en la mayor parte de los casos la regla se verifica. La figura 69 muestra con qué precisión se llegó a aplicar en una de las torres de la muralla bizantina de

Constantinopla, cuyo estado de ruina me ha permitido apreciar con mayor detalle su construcción.[1]

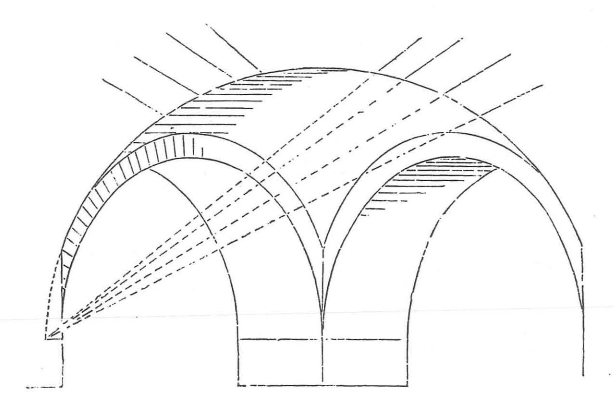


Figura 69. Aplicación de la regla geométrica para la inclinación de los lechos cónicos en las cúpulas (torre de la muralla bizantina de Constantinopla)

El trazado en el espacio se realiza (fig. 70) con la ayuda de un cintrel SA,[2] articulado sucesivamente en S, S', S''..., y tensado por debajo mediante un cordel que parte del centro C y cuya longitud R es igual al radio de curvatura. Si fuera necesario, bastaría con un cintrel R que fijara el radio.

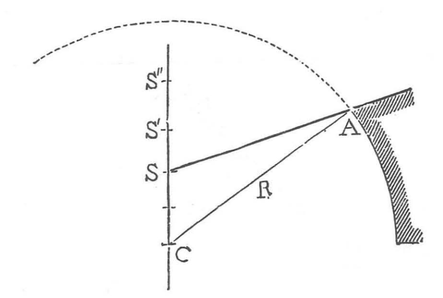


Figura 70. Trazado de una cúpula de lechos cónicos

Queda la cuestión de cerrar la bóveda en su clave, lo que en el método que venimos exponiendo no está exento de dificultades. Llegados a una cierta altura LL' (fig. 71) los ladrillos acometen al intradós con ángulos poco admisibles y el

casquete esférico, demasiado achatado, carece de consistencia. La descripción de la causa del mal trae consigo el remedio; una vez que los ladrillos de un lecho LL' hayan alcanzado la inclinación límite α, nos detendremos y sustituiremos el casquete LNL' por un remate apuntado LRL' donde los ladrillos presentarán una inclinación α, constante.

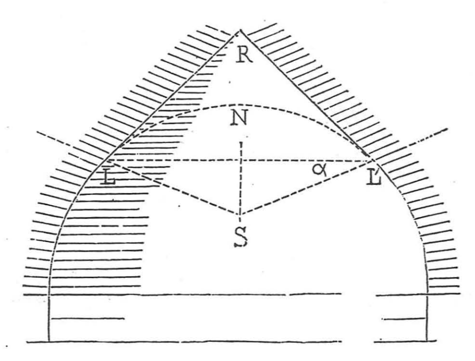


Figura 71. Remate de una cúpula de lechos cónicos

Así razonaron, en efecto, los constructores de dos escuelas cuyos métodos se aproximan bastante a los del arte bizantino: los persas y los árabes. Casi todas sus cúpulas se cierran con un remate en punta que encuentra su justificación en la necesidad de detener las hiladas en esa pendiente límite α. Realmente el valor de α no está tan absolutamente determinado como para no poder dar a las líneas LR y RL' una ligera curvatura. Y así se llega al tipo de perfiles peraltados que los persas saben trazar con un gusto exquisito. Desgraciadamente estos perfiles no aparecen en los confines del Imperio griego hasta el momento en que el arte bizantino se comienza a paralizar. Los griegos no los imitaron nunca, y persistieron en el empleo de la forma esférica, salvo para rematar la cúpula en su clave con la ayuda de un disco de hormigón construido sobre una plataforma. Este recurso (bastante raro) se indica en la lámina XVIII, 1; y yo lo he visto emplear en un edificio griego de Esmirna para la conclusión de una cúpula ejecutada sin cimbras.

Una cúpula está normalmente embebida en la base dentro de un muro perimetral de fábrica, que la ciñe hasta la altura de los riñones y se empalma con el trasdós de aquélla mediante una contracurva (fig. 72).

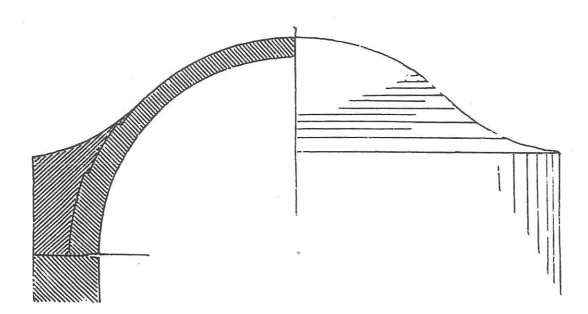


Figura 72. Cúpula embebida en la base en un muro perimetral de fábrica

Es en este muro donde se abren los huecos de iluminación, que reducen esta envolvente a una serie de pedazos discontinuos que forman contrafuertes en el intervalo entre un hueco y otro.

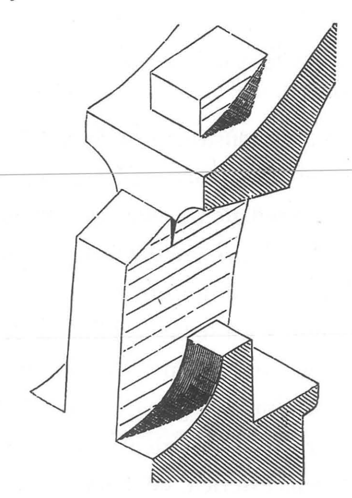


Figura 73. Arranque de cúpula perforado por ventanas (Santa Sofía de Constantinopla)

Tal es el aspecto de la cúpula de Santa Sofía, figura 73, y, en general, el de las cúpulas bizantinas anteriores al siglo IX. De esta época viene la costumbre de elevar las cúpulas sobre tambores cilíndricos a modo de verdaderas torres en la cima de los edificios. Los contrafuertes degeneran entonces en columnas, enlazadas dos a dos por arcaturas que adornan y consolidan los riñones (lám. XX, 2). Ésta es la

última forma que adopta la cúpula bizantina. Todavía en nuestros días, siempre que los griegos de Turquía han de construir una cúpula, recurren a este modelo.

Tipos secundarios de cúpulas

Al tipo general de construcción que se acaba de describir, se unen una serie de variantes donde el refinamiento decorativo se mezcla con las soluciones técnicas, y que manifiestan dos ideas prácticas claramente definidas. Una consiste en prevenir mediante un sistema de nervios las deformaciones de las cúpulas. La otra se refiere a los empujes y se traduce, según los casos, en una reducción en el peso de las bóvedas, o en una ligazón más íntima de los materiales que las componen.

Cúpulas nervadas o gallonadas

El más bello ejemplo de cúpula nervada es la cúpula de Santa Sofía (lám. XXV). El intradós está dividido en cuarenta husos por otras tantas nervaduras meridianas salientes, que van a converger en la clave y dan solidez a la fábrica sin que el peso aumente notablemente. Se cuenta que la bóveda fue construida sobre cimbras; en esta hipótesis cada nervio indicaría el lugar ocupado por una armadura. Pero no hay nada, en absoluto, que pruebe la existencia de este cimbrado. Los únicos textos que lo mencionan pertenecen a los siglos XIV y XV.[3] Las descripciones contemporáneas no hacen ninguna alusión al hecho, no obstante tan insólito, de una carpintería auxiliar y, por otra parte, las irregularidades de forma que presenta la cúpula parecen contradecir la hipótesis de una construcción ejecutada sobre cimbras. Sea como fuere, las nervaduras existen, y, a primera vista, recuerdan a aquellos arcos de ladrillo que los romanos de Occidente embebían en el hormigón de sus bóvedas. Esta semejanza es sólo aparente. Los arcos meridianos de una bóveda occidental eran independientes de los rellenos de hormigón; se terminaban antes, les servían de apoyo y quedaban finalmente embebidos en ellos. Por el contrario, las nervaduras de Santa Sofía se construyen al mismo tiempo que los paños de relleno, y se ligan al resto de la bóveda por la continuidad de las mismas hiladas cónicas. La utilidad del esqueleto romano consistía en preservar a las cimbras del peso de la bóveda. En Santa Sofía los nervios no tienen otro papel que el de rigidizar y volver menos deformable la delgada cáscara que constituye la cúpula. La diferencia es capital.

Hacia el siglo XIII los nervios de las cúpulas cesan de tener un papel útil para pasar a ser accesorios decorativos. A partir de entonces se construyen con la ayuda de ladrillo, sin ninguna ligazón con los paños intermedios y rompiendo la continuidad de una manera bastante molesta. El ejemplo de la figura 74 corresponde a la iglesia del monasterio de Chora (Kariye Camii), en Constantinopla.

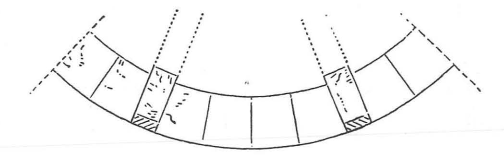


Figura 74. Nervios decorativos en una cúpula (Iglesia del monasterio de Chora, Constantinopla)

Algunas veces, cuando la cúpula se eleva sobre un tambor cilíndrico, las nervaduras se prolongan verticalmente desde la base del tambor hasta la clave de la cúpula. La Theotokos de Constantinopla, restaurada a finales del siglo XIII por la madre del emperador Andrónico, presenta una de las más antiguas aplicaciones de este ornamento singular, que se encuentra por otra parte en varios monasterios del monte Atos, en la iglesia metropolitana de Nicea, etc.

Hay que incorporar al grupo de las cúpulas nervadas toda una familia de bóvedas cuyo intradós toma el aspecto de una superficie esférica ondulada: las cúpulas gallonadas como, por ejemplo, la de la figura 75. Esta cúpula pertenece a una capilla del monasterio de Chora que se estaba restaurando, lo que ha permitido estudiar su construcción. Cada hilada está labrada sobre una superficie cónica y recortada en festón; la generatriz A prácticamente se apoya en el extremo C del diámetro de la base.

San Sergio de Constantinopla (láms. XX, 1 y XXII, 1) presenta una aplicación de este sistema para un tamaño mayor. La forma gallonada ofrece una doble ventaja: las aristas salientes funcionan como nervios que hacen a la cúpula menos deformable, y los gajos entrantes permiten asentar directamente la cúpula sobre su base octogonal (lám. XX, 1). La misma lámina (2ª figura) nos ofrece otro ejemplo de bóveda gallonada que pertenece a la Theotokos de Constantinopla.

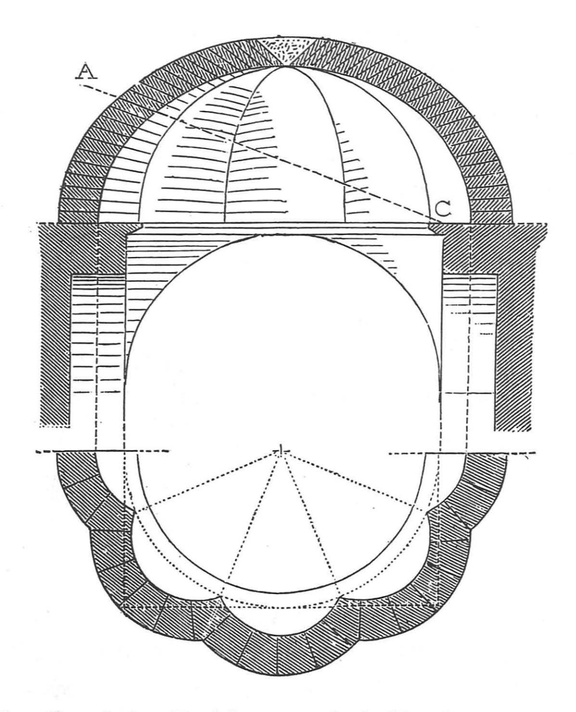


Figura 75. Cúpula gallonada (capilla del monasterio de Chora)

Cúpulas por trompas escalonadas

En lugar de construir la cúpula por hiladas, los bizantinos la construían frecuentemente escalonando pequeñas trompas unas encima de otras, como se indica en la lámina XIV. El procedimiento es incluso anterior a la época bizantina, pertenece a la arquitectura romana de Oriente, y se utiliza en la cúpula del templo circular erigido por Diocleciano en Spalato, figura 76.

Cada una de las trompas se compone de una serie de arcos de ladrillo que descargan unos sobre otros. No hace falta, evidentemente, ninguna cimbra para levantar estos arcos. Para trazarlos en el espacio será suficiente un cintrel R, que un cordel tenso fuerce a girar en torno a un diámetro horizontal de la esfera. Se llega así a un nivel A donde los arcos se multiplican demasiado en relación con la longitud del perímetro. Entonces se reduce el número de trompas a la mitad. Finalmente, a partir del nivel B, se termina la construcción según los procedi-

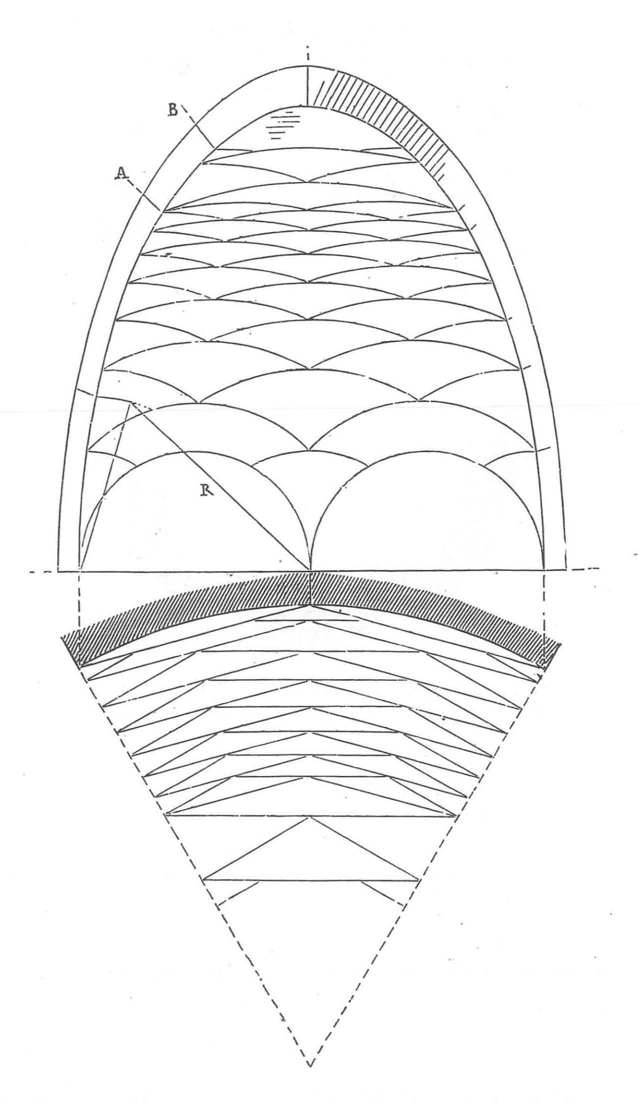


Figura 76. Cúpula construida por trompas escalonadas (templo de Diocleciano en Spalato)

mientos ordinarios ayudándose, según todas las apariencias, de una cimbra ligera para terminar la cúpula.

Como ejemplo bizantino de este modo de construcción podemos citar el vestíbulo semicircular de la tumba de San Demetrio en Salónica (lám. XIV, 3). Nuestra

perspectiva muestra la bóveda parcialmente revestida con motivos decorativos; creemos útil dar aquí también el trazado de los arcos haciendo abstracción de todo ornamento accesorio, figura 77.

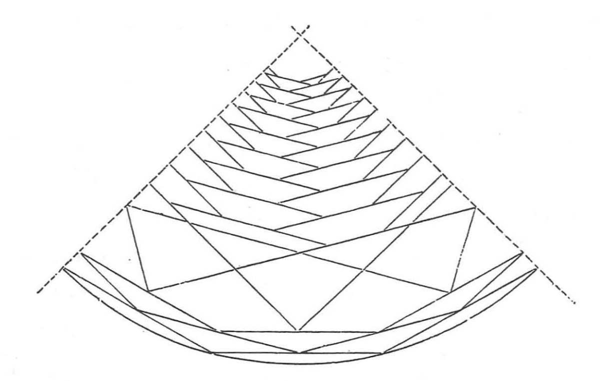


Figura 77. Tumba de San Demetrio en Salónica. Trazado de los arcos de la cúpula; proyección horizontal

Cúpulas de tejas curvas y piezas cerámicas

Los bizantinos construyeron cúpulas sin empujes. El método utilizado consiste en sustituir los ladrillos de las bóvedas ordinarias por tejas curvas dispuestas por hiladas horizontales.

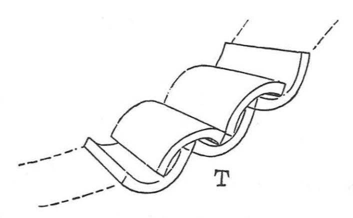


Figura 78. Disposición de las hiladas en una cúpula bizantina de tejas

Las tejas de una hilada vuelven su concavidad hacia arriba, y las de la hilada siguiente la presentan en sentido inverso. De esa manera la unión de dos hiladas

sucesivas constituye un anillo inextensible. Puesto que ninguno de los anillos de la cúpula puede aumentar de radio, la cúpula no puede dilatarse y no produce empujes. Es una bóveda donde todas las hiladas forman encadenados. La lámina XIX, 2, muestra la disposición de estas tejas curvas en un edificio del monte Atos, actualmente en ruinas: la capilla del antiguo monasterio de San Panteleemón.

Otro método, que a las ventajas de las hiladas inextensibles une las de una extrema ligereza, se basa en el empleo de tubos cerámicos. Procedimiento curioso que se desarrolla principalmente en la escuela del Exarcado, y cuyas aplicaciones más importantes se encuentran en Rávena, tanto en los monumentos construidos por los emperadores griegos como bajo la influencia directa de Oriente.

Los tubos cerámicos de las bóvedas de Rávena (fig. 79, B) se estrechan en su extremo y se embuten unos en otros, disponiéndose en espiral continua desde el nacimiento de la cúpula hasta su remate. Gracias al mortero que los une, los tubos de una misma espiral están enlazados unos con otros y soldados a los tubos de las espirales vecinas, constituyendo una cadena incapaz de alargarse. La bóveda resultante, como la anterior de la figura 78, no produce ningún empuje y carga menos sobre sus apoyos.

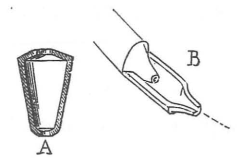


Figura 79. Tubos cerámicos empleados en la construcción de bóvedas

Se sabe desde hace mucho tiempo que la cúpula de San Vital fue construida así. El mismo método se siguió en la cúpula del baptisterio de Rávena, de la que doy un detalle (lám. XIX, 1) según un levantamiento que debo a la cortesía del Sr. De Dartein. El Sr. De Dartein ha encontrado este mismo modo de construcción en la bóveda de una capilla contigua a San Ambrosio de Milán, la de San Sátiro.

Estos ejemplos nos trasladan a una época bastante remota; el baptisterio de Rávena y la capilla de San Sátiro pertenecen al siglo V, por lo que el empleo de las piezas cerámicas se remontaría al menos a cien años antes de la época justiniana.[4] El método pertenece a la etapa fundacional del arte bizantino, pero, según mis conocimientos, no se ha olvidado ni en la región de Siria ni en la costa de África.

En Siria se emplean hoy día tubos de forma troncocónica, tales como los del croquis A (fig. 79), pero en lugar de embutirlos para reproducir las espirales de Ravena, se disponen como dovelas. En cualquier lugar, ya sea en la región de Naplusa, en Jerusalén o en Jafa, se encuentran bóvedas construidas según este sistema. Los tubos se unen con la ayuda de un buen mortero de manera que la bóveda, sea cual sea su perfil, se remata sin la ayuda de cimbra. Este método, como todas las tradiciones orientales, caerá rápidamente en desuso al entrar en contacto con Europa. Pero su recuerdo está vivo todavía entre los obreros del lugar. Hace medio siglo era casi el único que se empleaba en la mayor parte de Palestina.[5]

En un clima de bruscos cambios estas bóvedas hechas con cerámicas huecas proporcionaban a las viviendas la mejor defensa contra las temperaturas extremas.

Cuando había que rematar en forma de terraza el trasdós de una cúpula, una solución fácil que no producía sobrecarga era usar a modo de relleno grandes vasos cerámicos. He podido descubrir esta antigua práctica en los sondeos realizados para restaurar la antigua iglesia de Chora en Constantinopla.

Por último, se atribuye a las bóvedas de tubos cerámicos la ventaja de la sonoridad. He encontrado en una cúpula en ruinas, en el camino de Brusa a Nicea, vasos embebidos y agrupados de dos en dos, con el cuello girado hacia el interior. Tuve la ocasión de interrogar a este respecto a griegos, que me hicieron saber cómo aún hoy en día es costumbre incorporar a los muros de las iglesias vasijas vacías, cuyo único papel es reforzar los sonidos. Nos encontramos así frente a un uso que nada tiene que ver con el arte de construir. Vendría a ser el equivalente, en un edificio de fecha reciente, a las vasijas acústicas de Vitruvio.[6]

Bóvedas de horno

Una bóveda de horno o de cuarto de esfera no es, en definitiva, más que una bóveda semiesférica cortada por un plano vertical. Parece entonces natural construirla como tal bóveda esférica, es decir, por lechos troncocónicos que serán, según los materiales disponibles, o bien hiladas de dovelas, o bien de ladrillo. Las figuras 80 y 81 responden, respectivamente, a estos dos casos.

La bóveda de cantería de la figura 80 pertenece a las antiguas termas de Hierápolis. Cuanto hemos dicho anteriormente referente a las cúpulas de cantería

(pág. 60), se aplica a este ejemplo; hasta están presentes los cortes inclinados de las juntas verticales, ninguno de los cuales converge exactamente hacia el centro.

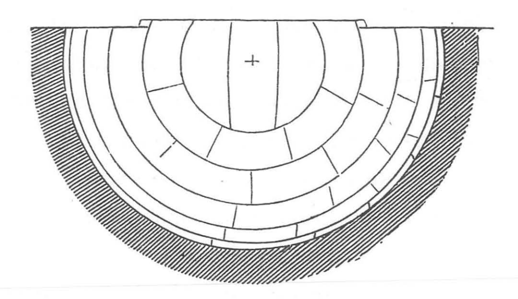


Figura 80. Bóveda de horno de cantería (termas de Hierápolis)

El ábside de la capilla bizantina que remata el puente de Sangario presenta, con más regularidad en las secciones verticales, espesores de dovela que van decreciendo desde el arranque hasta la clave;[7] circunstancia que, ciertamente, no es fortuita, pues se encuentra en Siria en casi todas las bóvedas absidales. En Santa María Latina de Jerusalén este decrecimiento continuo de las hiladas llama la atención al ojo menos experto.

Como ejemplo de bóvedas de horno de ladrillo podemos citar el Eski-cuma de Salónica, donde la conicidad de los lechos es muy visible y, sobre todo, (fig. 81) las grandes bóvedas absidales de Santa Sofía de Constantinopla.

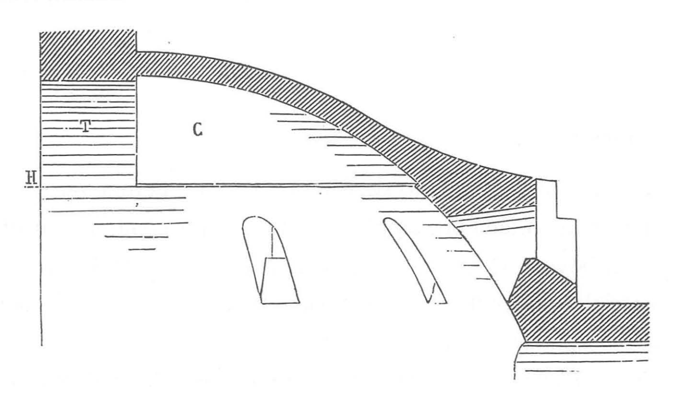


Figura 81. Bóveda de horno en Santa Sofía, Constantinopla

Esta asociación resuelve de la forma más sencilla la única dificultad seria que comporta la disposición en abanico, la convergencia de los lechos de ladrillo. Estos lechos se estrechan desmesuradamente hacia el fondo de la bóveda y se abren mucho en sus bordes. La solución mixta de la figura 85 *bis* acota este estrechamiento entre límites admisibles; desgraciadamente sólo sirve en contadas aplicaciones. Para que la zona cónica no provoque los efectos de deslizamiento cuyo peligro hemos señalado anteriormente, es necesario que la bóveda no sea muy achatada, como es el caso que se indica en la planta de la figura 85 *bis*; en cuanto el achatamiento se acentúa, hay que evitar el estrechamiento en la base de los lechos en abanico con combinaciones nuevas. Veamos las principales soluciones.

La figura 86 muestra una solución muy frecuente en los edificios bizantinos de Atenas. Los lechos, en lugar de estrecharse hacia el fondo de la bóveda, se entrecruzan en hoja de helecho a lo largo de una línea media.

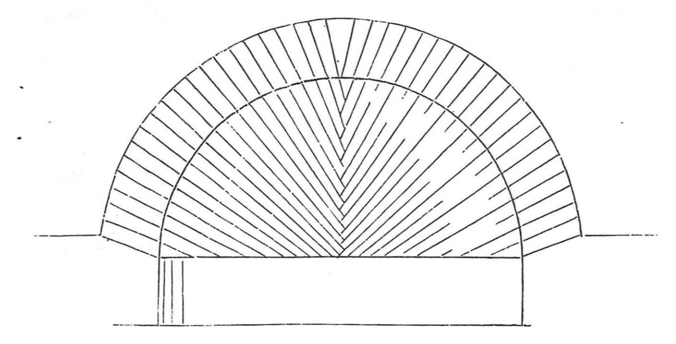


Figura 86. Bóveda de horno de ladrillo. Aparejo de las hiladas en hoja de helecho

Se pueden todavía atenuar más los inconvenientes de las variaciones de espesor de los lechos adoptando la solución indicada en la figura 87.

En lugar de cruzar los lechos a lo largo de la línea media, se ocupa toda la parte central por una especie de taracea de ladrillos en espina de pez; de este modo los lechos en abanico no forman más que un marco en el perímetro de la concavidad, logrando que el aumento de espesor que las capas de mortero experimentan en su corto desarrollo, resulte casi inapreciable. El ejemplo de la figura 87 procede de una fuente bizantina en Constantinopla. El origen de esta disposición se encuentra en San Marcos de Venecia (bóvedas de horno del nártex). La figura 88 nos ofrece una variante (San Bardias de Salónica).

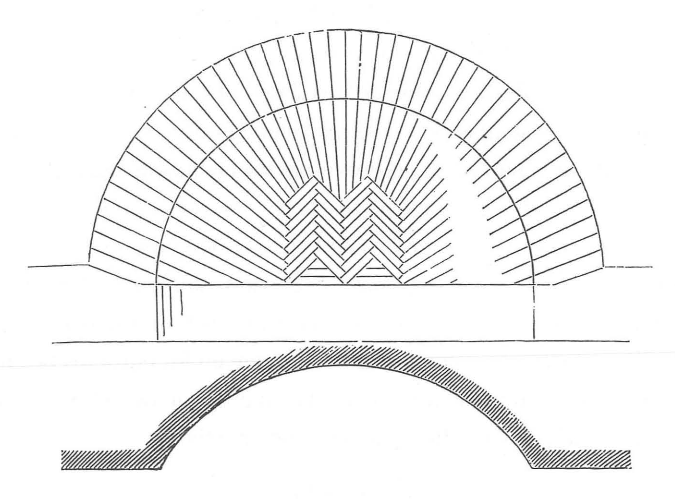


Figura 87. Bóveda de horno de ladrillo con aparejo en espina de pez en zona central (fuente bizantina en Constantinopla)

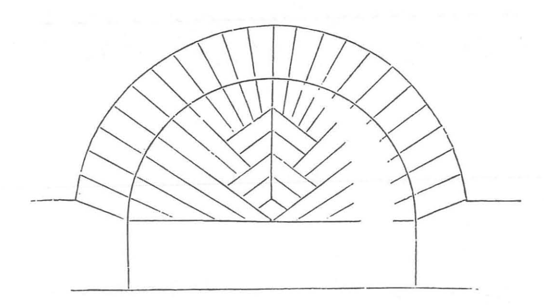


Figura 88. San Bardias de Salónica. Variante de la disposición en espina de pez de los ladrillos centrales de una bóveda de horno.

Algunas veces, como en el pórtico del recinto de los Santos Apóstoles de Salónica (fig. 89), las hiladas de ladrillo alternan con hiladas de sillarejo. Otras, se encuentran incluso bóvedas de horno construidas por hiladas de ladrillos sentadas alternativamente de canto y de plano, como ocurre en el ejemplo de la figura 90, tomado del Arco de Constantino en Salónica.

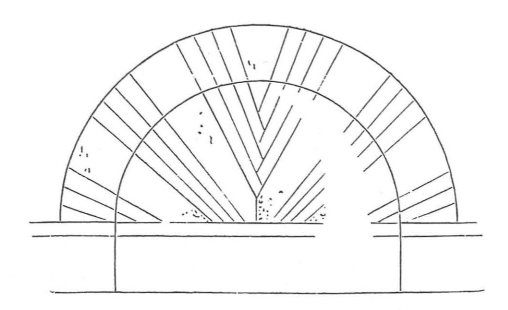


Figura 89. Bóveda de horno con alternancia de ladrillo y sillarejo (pórtico en los Santos Apóstoles, Salónica)

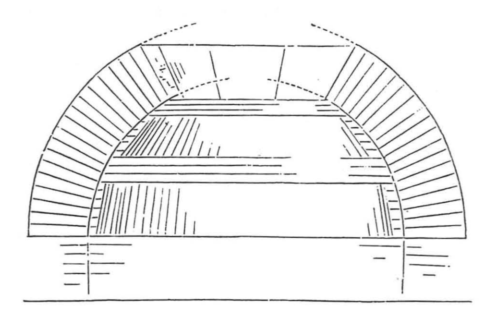


Figura 90. Bóveda de horno con alternancia de aparejos de canto y de plano (arco de Constantino en Salónica)

Por otro lado, este discurrir de transformación en transformación va a dar pie a la idea de adornar la bóveda por combinaciones de líneas o de colores. Los bizantinos crearon con ladrillos o sillarejos tallados intradoses de bóvedas de horno que

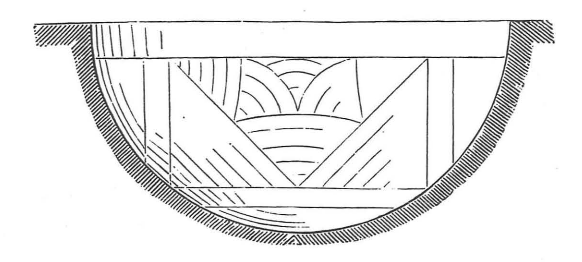


Figura 91. Bóveda de horno de sillarejo con juntas que forman motivos geométricos (ruinas bizantinas de Éfeso)

son verdaderos mosaicos. Así, las ruinas bizantinas de Éfeso nos ofrecen una serie de bóvedas de horno de sillarejo (que adornaban una fuente), cuyas juntas dibujan sobre el intradós curvas como las de la figura 91.

El arte de la construcción no tiene nada que ver con semejantes fantasías. En este caso, el aparejo es sólo un pretexto para las formas decorativas.

6

La bóveda esférica sobre trompas

La extrema facilidad de ejecución que presentan las cúpulas hizo pensar pronto en adaptarlas a plantas poligonales. Como una superficie esférica sólo encuentra su asiento natural sobre una base circular, concibieron la manera de pasar del polígono al círculo con la ayuda de elementos tales como T (fig. 92). En cada uno de los ángulos A, B, C... se construía en el vacío un apoyo en voladizo para resolver el asiento en falso de la cúpula. Este apoyo, cuya forma natural era la de un triángulo esférico, fue el origen de la pechina.

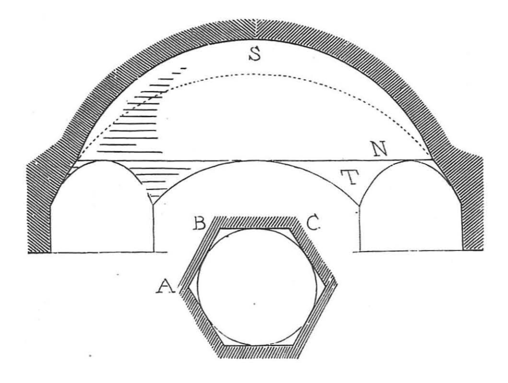


Figura 92. Transición entre una cúpula y una base poligonal

La idea de esta transición se manifiesta, pero tímidamente, en la arquitectura romana de Occidente. En el templo de Minerva Médica y en las tumbas que

bordean la antigua ruta de Praeneste, la pechina existe, pero reducida a un simple voladizo de hiladas horizontales, cuya forma es además muy indecisa y vaga.

Completamente diferente es el aspecto de las pechinas en los monumentos orientales. Las superficies forman triángulos esféricos bien definidos, que resultan de la intersección de una esfera central con los planos verticales de los muros. Los lechos, a su vez, adquieren la conicidad propia de los lechos de una cúpula; por su estructura, como por su forma, las pechinas no son otra cosa que paños triangulares cortados en una bóveda esférica.

Normalmente, el radio de curvatura de las pechinas es mayor que el de la cúpula que las corona, quedando el nacimiento de ésta marcado por una junta N (fig. 92). Pero algunas veces también esta junta desaparece; cuando la cúpula y las pechinas tienen el mismo radio de curvatura, el sistema se reduce a la intersección de una esfera única por un prisma vertical de base poligonal. Así es la bóveda representada en la figura 93.

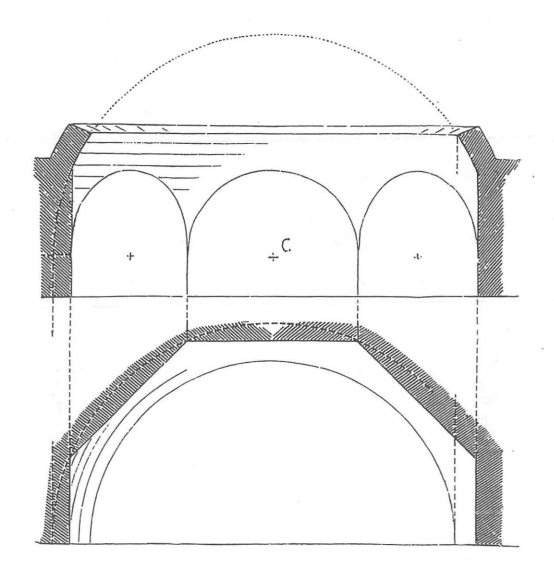


Figura 93. Cúpula sentada sobre pechinas del mismo radio

Cuantos menos lados tiene el polígono de base, más vuelo tienen las pechinas, y más delicada se hace su ejecución. Si la planta es cuadrada, con frecuencia los

constructores la sustituyen por la de la figura 94, formada por un octógono y cuatro semicírculos.

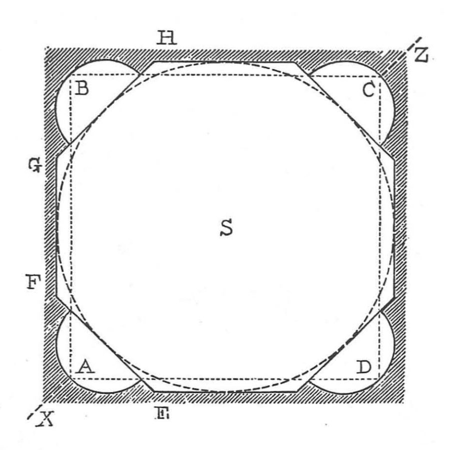


Figura 94. Solución de asiento de una cúpula sobre planta cuadrada

Esta forma de eludir el problema ha dejado su huella en las construcciones de Occidente (tumbas de la ruta de Praeneste, etc.). En Oriente, se encuentra su rastro en los edificios del tipo de San Sergio de Constantinopla; el ejemplo de los grandes ábsides de Santa Sofía (fig. 95) muestra cómo, incluso en el momento en que el arte bizantino adquiere su más completo desarrollo, esta tradición no había sido en absoluto abandonada.

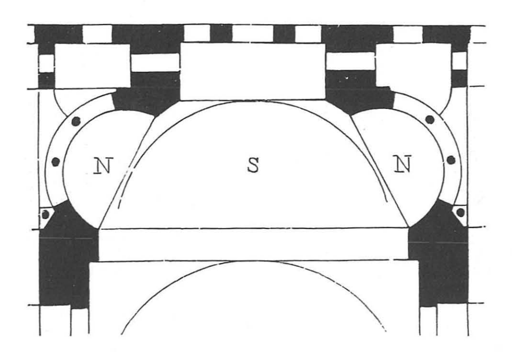


Figura 95. Bóvedas de horno en Santa Sofía de Constantinopla

Los bizantinos dieron un paso más: del conjunto constituido por una cúpula y cuatro bóvedas de horno (fig. 94), decidieron conservar sólo una parte, la que se proyecta en el interior del cuadrado inscrito ABCD. Esto da lugar a uno de los tipos de bóveda más usuales en la arquitectura del bajo Imperio: la cúpula de base octogonal sostenida por cuatro trompas en los ángulos.

Precisemos con un dibujo la forma de estas trompas y la manera en que se conectan con el casquete esférico que las corona. La sección diagonal de la bóveda (sección XZ, fig. 94) se presenta como sigue, figura 96.

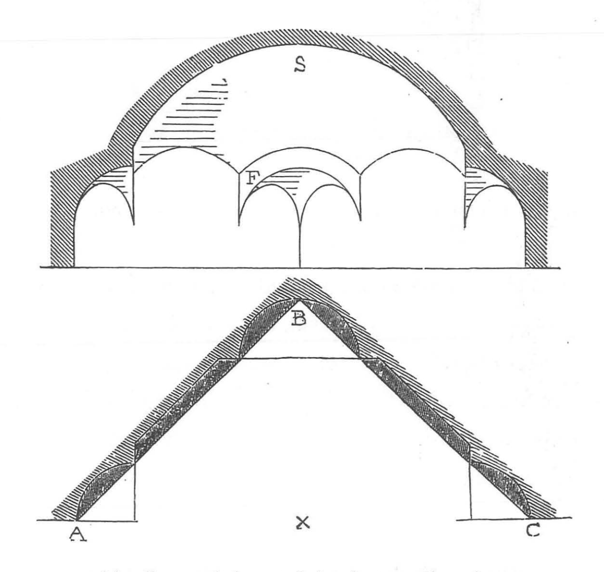


Figura 96. Planta y sección diagonal de una bóveda sentada sobre trompas

Cada una de las trompas constituye una porción de superficie esférica que se interrumpe en el encuentro con los muros verticales y se encuentra separada del casquete S por un arco F. A veces el arco F desaparece. Así se ve en la variante representada por el croquis 97, y que se observa en San Nicodemo de Atenas, en Dafni, y en la mayor parte de las iglesias bizantinas de Grecia.

Veamos el aparejo de los ladrillos en el caso de Dafni, figura 98. Las superficies de los lechos son perpendiculares al plano delantero de la concavidad, y divergen en forma de abanico. Todo se dispone como si se tratase de una bóveda de horno

de poca profundidad. Los detalles técnicos que se estudiaron anteriormente para las bóvedas de horno, se adaptan a este ejemplo de la forma más natural.

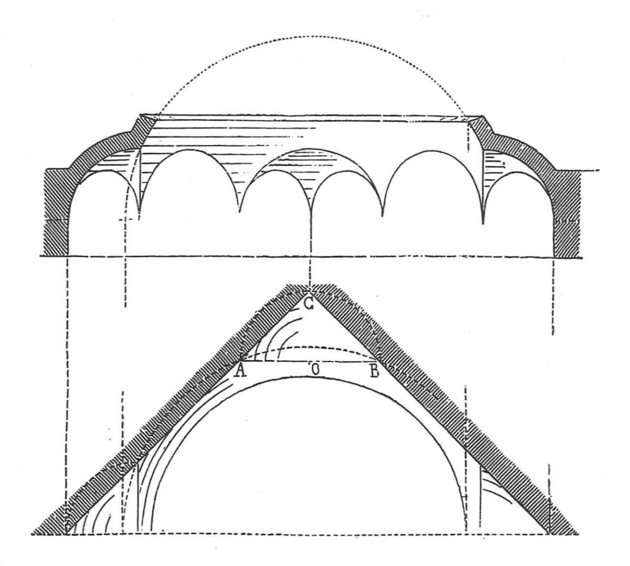


Figura 97. Bóveda sobre trompas, sin arco de transición (San Nicodemo de Atenas)

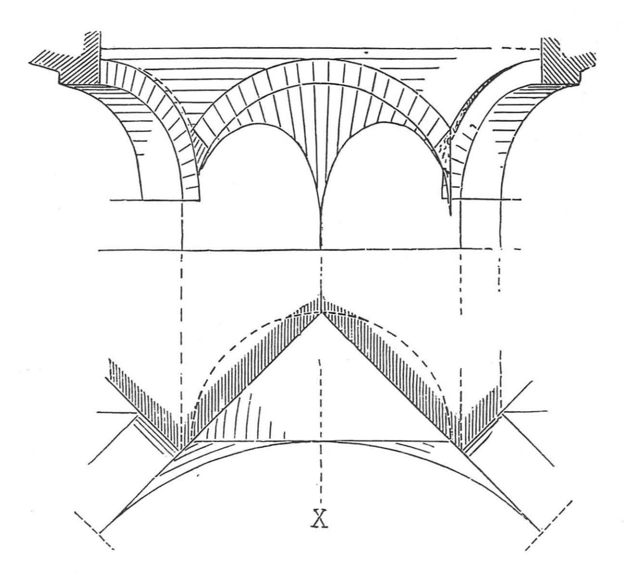


Figura 98. Aparejo del ladrillo de una trompa en bóveda de horno (Dafni)

Esta solución se simplifica en la práctica. En efecto, se puede descomponer la trompa (fig. 97) en un arco frontal y en un triángulo de relleno. El arco de cabeza es sensiblemente cilíndrico y se construye como un arco ordinario. Después, se rellena el espacio triangular que le separa de los muros por una fábrica de pequeños mampuestos, una especie de rocalla sin forma definida que los revestimientos regularizarán más tarde.

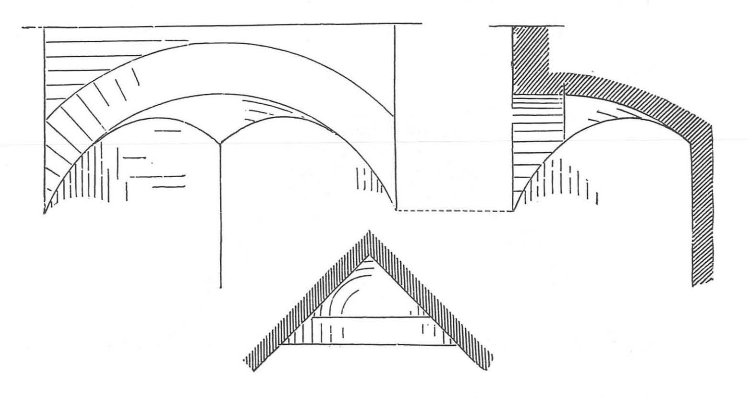


Figura 99. Trompa formada por un arco frontal y relleno triangular de mampuestos

Este expeditivo procedimiento se admitió en un gran número de edificios donde la economía era la primera condición a cumplir. San Vito de Zara nos ofrece, con una ejecución un poco basta, una aplicación bastante curiosa.

Veamos una solución más sencilla todavía. Se prolongan las generatrices horizontales del arco de cabeza hasta que se encuentran con las superficies de los muros, y se obtiene este aspecto abovedado característico en la escuela de Siria, figura 100.

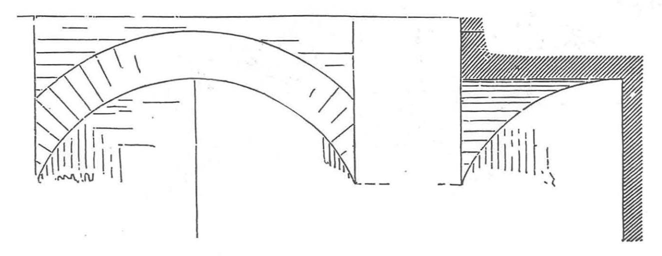


Figura 100. Trompa de tipo abovedado característica de la escuela de Siria

También puede darse a la trompa una forma cónica (lám. XXI, 2), pero procurando, si se construye en ladrillo, no dirigir las líneas de los lechos según las generatrices, ya que los espesores de las hiladas desaparecerían en el vértice del cono, lo que dificultaría la ejecución. El sistema adecuado, en este caso, es el que encontramos empleado en las fortificaciones de Nicea. Es un sistema mixto donde la construcción por hojas se combina con la construcción por lechos como indica la figura 101. La fábrica de los riñones se realiza con hiladas de ladrillos que se superponen sin converger en el vértice S, y toda la parte alta del cono se ejecuta por hojas.

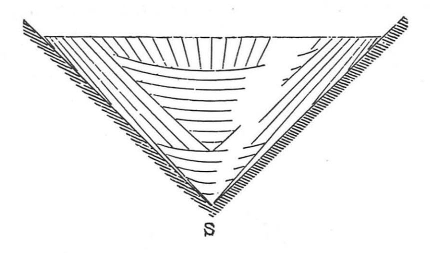


Figura 101. Trompa cónica construida a base de lechos y hojas (fortificaciones de Nicea)

Otro método consiste (fig. 102) en construir un arco de cabeza en chaflán, al cual se adosan dos porciones de bóveda de cañón que se intersecan en ángulo

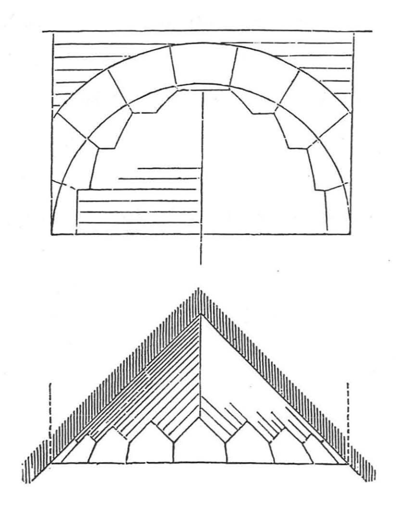


Figura 102. Trompa formada por arco de cabeza y cañones cilíndricos en rincón de claustro (fortificaciones de Simopetra, Atos)

entrante, como los paños de una bóveda de rincón de claustro. Diversas iglesias de Atenas, entre otras la del Gran Monasterio, presentan ejemplos de esta disposición que se encuentra igualmente en el monte Atos. La figura 102 proviene de las fortificaciones de Simopetra (Atos).

Para terminar, los bizantinos ocupan algunas veces las cuatro esquinas con verdaderas bóvedas de horno, cuyo tambor cilíndrico se presenta, mitad en voladizo y mitad remetido (fig. 103). La cúpula de la Gran Mezquita de Damasco (lám. XXI, 1) reposa sobre cuatro bóvedas de este tipo. Esta combinación se repite en la mayor parte de los edificios sirios. Los arquitectos griegos que levantaron las mezquitas de los primeros sultanes en Constantinopla la emplearon con tanta frecuencia como éxito.

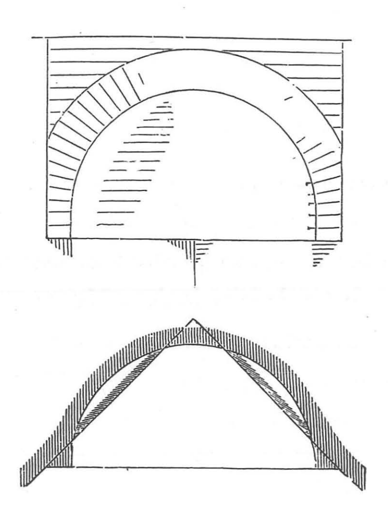


Figura 103. Trompa en bóveda de horno sobre tambor cilíndrico

7

La bóveda sobre pechinas en la construcción por lechos

Pechinas de cantería

Los procedimientos constructivos que acabamos de describir intentan resolver ante todo el asiento de una bóveda esférica sobre una planta cuadrada. Hemos pasado revista a los tipos de trompas empleados para solventar el problema. Examinemos ahora otras soluciones basadas en el empleo de pechinas.

Para generar las pechinas de una bóveda de base octogonal obtendríamos porciones de una esfera delimitadas por los ocho planos verticales del perímetro, y necesitaríamos trompas para pasar a una base cuadrada. Si en vez de esto intersecamos la esfera con un prisma cuya base sea un cuadrado, obtendremos un tipo de bóveda que se adapta directamente a la planta, que ya no necesita recurrir a las trompas.

Esta extensión tan sencilla de la idea se les escapó por completo a los romanos de Occidente. Incluso en el Oriente no la veremos prevalecer más que al final de una serie de tanteos, que muestran con cuanta lentitud se deducen las consecuencias de un principio. Las ruinas de Haurán ofrecen ejemplos de cómo los constructores romanos establecen la transición con el artificio de una única piedra colocada en chaflán, recortada sobre cada uno de los ángulos de la sala.[1] La mayoría de las veces renuncian incluso a construir una cúpula sobre el vacío restante, y terminan la obra con una serie de voladizos. Así lo prueba una célebre tumba de Mylasa, o bien esta construcción de aspecto más modesto representada en la lámina X, 2, que cubre una antigua cisterna en la acrópolis de Pérgamo.

Una sucesión tal de chaflanes es muy ingeniosa sin duda, pero no permite cubrir más que espacios bastante limitados; es a la pechina de sillería lo que el dintel a la bóveda. El tamaño de las piedras disponibles limita las aplicaciones; estamos lejos todavía de una solución definitiva y verdaderamente práctica.

Según mis conocimientos, es en las ruinas de Gerasa donde aparece por primera vez la bóveda esférica con pechinas, sobre una planta cuadrada. Se encuentra allí un edificio abovedado completamente según el aparejo indicado en la lámina XV, 1. En la figura 104, se dan las proyecciones ortogonales del levantamiento de una de las salas y en la figura 105, la sección diagonal de la bóveda.

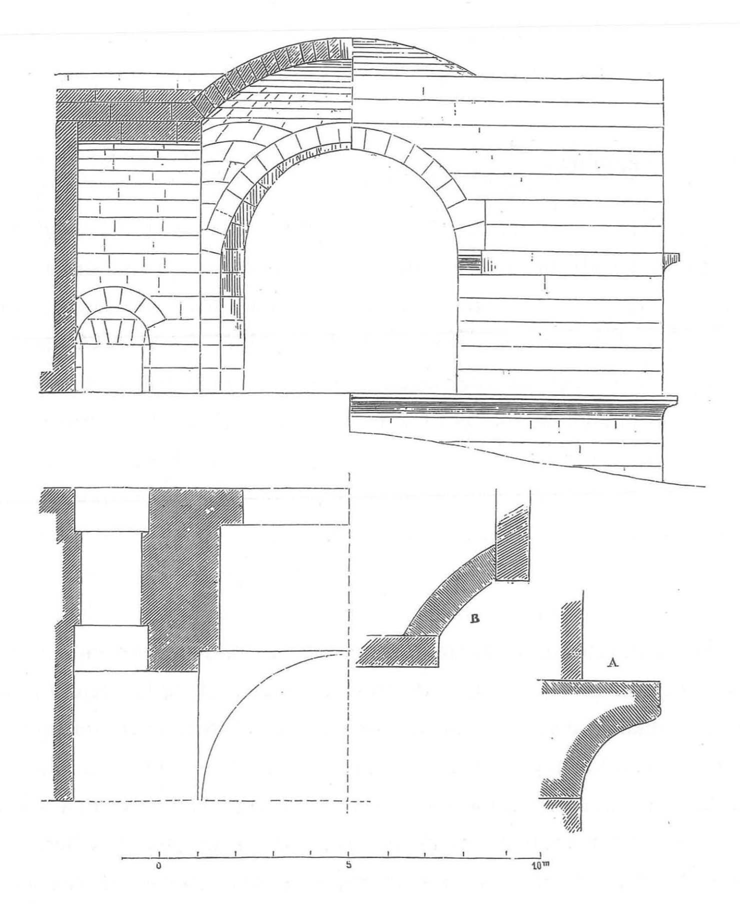


Figura 104. Bóveda esférica con pechinas sobre planta cuadrada (ruinas de Gerasa)

El diagrama de la figura 105 explica a la vez la generación de la cúpula y el corte de sus dovelas. La base es cuadrada; el casquete y las pechinas forman parte de una misma semiesfera con centro en C. Las superficies de los lechos de las pechinas, lejos de adoptar la forma cónica de los lechos del casquete, son simples superficies planas que convergen en el centro C. Así, si tomamos arbitrariamente un punto I sobre la superficie de la pechina, la superficie de lecho correspondiente no será más que un plano que pasa por este punto I y por la diagonal ACB del cuadrado de la base. El croquis 104, B, muestra de qué manera las dovelas de la pechina se asientan sobre el trasdós de los arcos de cabeza.

Disposiciones análogas se repiten en Jerusalén, en las partes bizantinas de Haram Ech-Chérif. La lámina XV, 2, representa la bóveda de una puerta situada en la mezquita el Aksa, de la que el croquis de la figura 106 ofrece la planta y

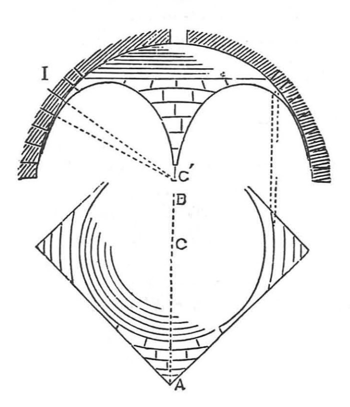


Figura 105. Ruinas de Gerasa. Planta y sección diagonal de la bóveda

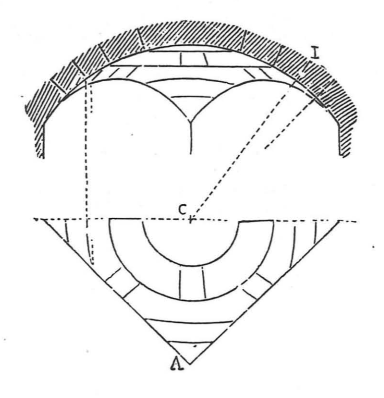


Figura 106. Bóveda esférica rebajada con pechinas (mezquita el Aksa)

la sección diagonal. En este caso, el casquete presenta un perfil muy rebajado, pero el aparejo de las pechinas es idéntico al de Gerasa; la superficie de un lecho de pechina como el I es un plano IC que pasa por el eje diagonal CA. Por último, se aprecian en las pechinas lo mismo que en el casquete, los cortes inclinados de las juntas que hemos señalado en más de una ocasión[2] y que contribuyen, por su parte, a dar a las bóvedas esféricas de Oriente una fisonomía peculiar.

Estos son los dos ejemplos más antiguos que conozco de pechinas de cantería. Las bóvedas de Jerusalén parecen pertenecer a la época de Justiniano, es decir, al

siglo VI.[3] Sin embargo, en Gerasa la cuestión de la fecha es más oscura. Los únicos elementos para una posible estimación que nos quedan son el estilo y la estructura general del edificio. Por su estructura serían romanas: bloques enormes, nada de mortero, talla de las piedras tan perfecta como en los tiempos del alto Imperio, y muy superior a la de los monumentos bizantinos más cuidados. En cuanto a su ornamentación, ésta se reduce (fig. 104) a una única moldura A, repetida sobre el zócalo y las impostas, y que no es, a decir verdad, ni romana ni bizantina; no tiene la severidad bizantina, ni las formas blandas y complejas de la decadencia romana. Su perfil insólito, pero muy característico, sólo se explica suponiendo una influencia extranjera. A mi juicio esta obra singular, confinada en los límites orientales del Imperio, debe verse como una concepción asiática realizada por mano romana.

Sea como fuere, los métodos de aparejo que se revelan en Gerasa y en Jerusalén prácticamente no se extienden más allá de las provincias sirias y parecen pertenecer más a la escuela local de Siria que al patrimonio común de la arquitectura bizantina. Allí, un lugar donde la piedra abunda, la cúpula de sillería podía tener sus ventajas. Pero en cualquier otra parte tiende a prevalecer la cúpula realizada con materiales de pequeño tamaño, colocados sobre lecho de mortero; tipo esencialmente práctico, cuyo doble mérito es el de realizarse a la vez sin trazas y sin cimbra.

Pechinas de pequeños materiales

Encontramos en Asia Menor, sobre todo en los valles del Meandro y del Hermos, bóvedas sobre pechinas realizadas en ladrillo, que parecen remontarse a la época romana. Como indican los ejemplos reproducidos en la lámina XVI, los arquitectos de Sardes, de Filadelfia o de Magnesia del Meandro poseían ya desde la época romana el método, pero éste no se generaliza hasta la época bizantina. Las disposiciones de bóvedas esféricas que predominan entonces se reducen, casi sin excepción, a uno u otro de los trazados de las figuras 107 y 108.[4]

En el primer caso, las pechinas y el casquete forman parte de una misma esfera. En el segundo, las pechinas y el casquete pertenecen a dos superficies esféricas distintas.

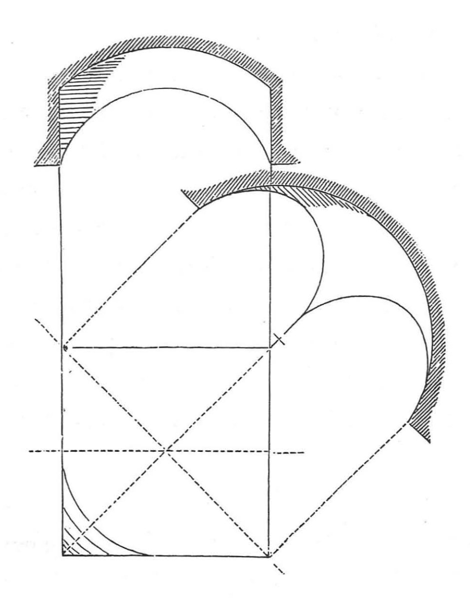


Figura 107. Bóveda esférica sobre pechinas de la misma superficie esférica

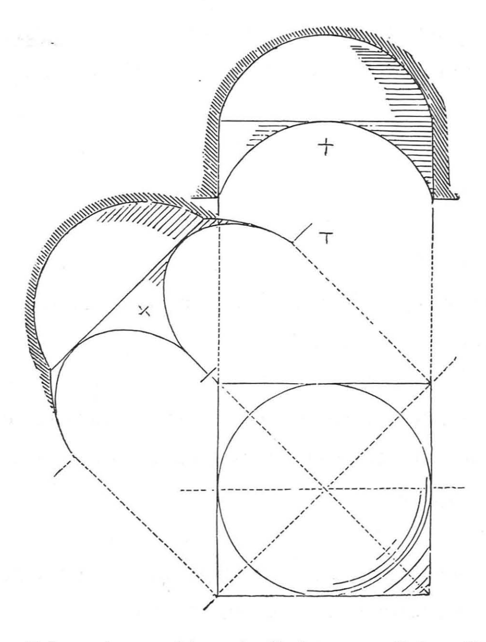


Figura 108. Bóveda esférica sobre pechinas de distinta superficie esférica

En ambos casos, el modo de ejecución se impone, digámoslo así, por sí mismo. Puesto que la pechina es un segmento de cúpula, completemos ésta con el pensamiento; sus lechos serán los mismos de la pechina y el modo de interrumpirlos en el límite del perímetro triangular se indica en la figura 109.

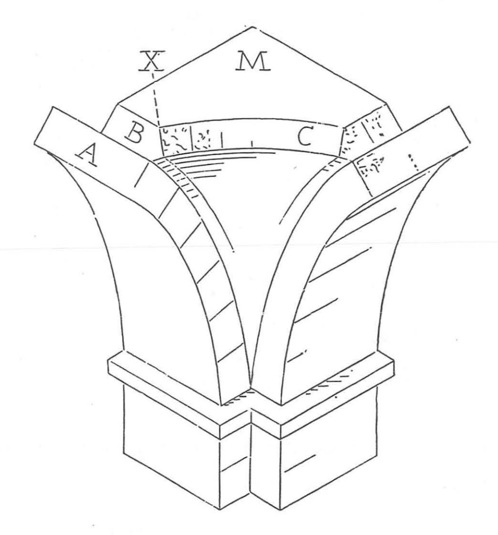


Figura 109. Detalle de una pechina esférica

Aquí, un reborde de ladrillos B delimita el espacio que debe rellenar la pechina; estos ladrillos B están cortados en chaflán según X, chaflán donde vienen a morir los lechos cónicos C. Por el exterior un relleno de hormigón o mampostería M recubre el triángulo esférico, de manera que, visto desde fuera, el conjunto de las cuatro pechinas de una cúpula adquiere el aspecto de un cuerpo cuadrado sobre el cual se eleva la cúpula (lám. XX).

Algunas veces el chaflán X se suprime, y las hiladas de la pechina se sientan directamente sobre el trasdós del arco toral o formero. Eso supone una simplificación, pero también un inconveniente bastante grave, que se apreciará en una sección horizontal, figura 110.

Siendo F (fig. 110) la sección horizontal del arco toral, está claro que el ángulo en C es demasiado agudo para ofrecer una seria resistencia, por lo que los bizantinos, según las modificaciones indicadas en la figura 111, deciden reemplazar este ángulo C por un ángulo recto.

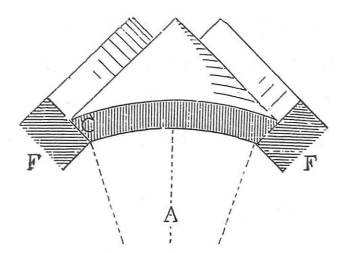


Figura 110. Planta de una pechina sentada directamente sobre los arcos formeros

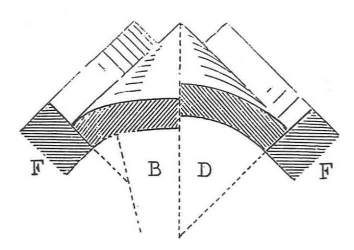
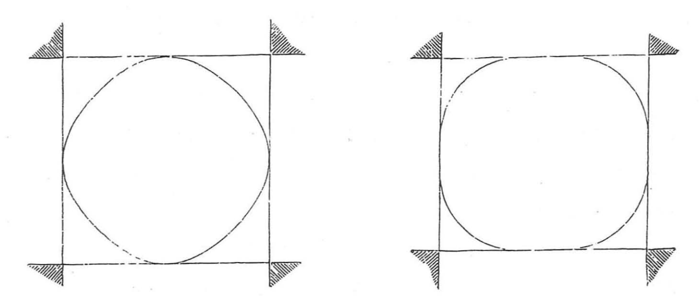


Figura 111. Planta de pechinas sentadas en ángulo recto contra los arcos formeros

La superficie de la pechina acomete tangencialmente a los planos de cabeza de los arcos. La sección horizontal se acerca según los casos, o bien a una curva con dos centros, como en el caso B, o bien a un arco de circunferencia, como en el D. A nivel del nacimiento del casquete, la planta general de la bóveda se aparta de la forma circular, unas veces en el sentido indicado por el croquis 112 y otras, en el del croquis 113.



Figuras 112 y 113. Deformaciones en el arranque de una cúpula. Izquierda, San Marcos de Venecia; derecha, Santa Irene de Constantinopla, Santa Sofía de Salónica, etc.

La deformación de la figura 112 se observa en San Marcos de Venecia. La otra (fig. 113) es más habitual, así como también más lógica; la encontramos en Santa Irene de Constantinopla, en Santa Sofía de Salónica, etc. El casquete, a su vez, se adapta a la forma de la base y se convierte en una superficie sin definición geométrica precisa, que se encuentra entre la esfera y el rincón de claustro. Si imaginamos una bóveda en rincón de claustro cuyos cuatro paños, en lugar de cortarse en aristas vivas, se empalman con una curva suave, tendremos esta variante que viene a sustituir el casquete esférico. Por otra parte tiene sobre la esfera perfecta una preciosa ventaja: se adapta mejor a las plantas rectangulares. Santa Irene y el Pantocrátor de Constantinopla (Kilise Camii) son cúpulas construidas según este sistema, y cuyas plantas son rectángulos sensiblemente alargados.

Hay bóvedas esféricas cuyo perfil presenta, por encima de las pechinas, un quiebro como el AA (fig. 114). El nacimiento del casquete, en lugar de corresponderse con la clave B de los arcos torales, se encuentra desplazado desde B hasta A, y se acusa en el intradós por una arista viva.

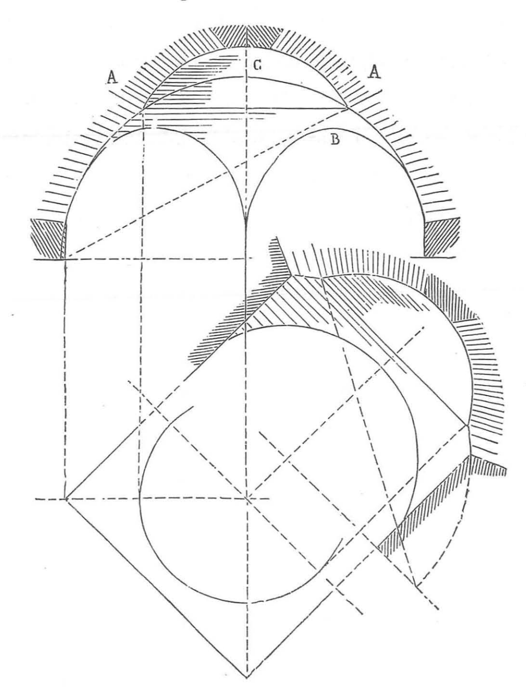


Figura 114. Bóveda esférica con arranque por encima de la clave de los arcos torales

Esta particularidad se observa en las bóvedas de la lámina XVIII, que provienen respectivamente de la cisterna de Constantinopla llamada el Budrún y de una cisterna vecina al Et-meidan. En estos dos ejemplos, el cambio brusco de curvatura AA se produce también en las dimensiones de los ladrillos: por debajo de este quiebro AA toda la bóveda, incluyendo las pechinas, se construye con gruesos ladrillos de 0,04 a 0,05 m de espesor; por encima, con ladrillos tan delgados como tejas planas.

Nada más razonable que esta distinción. En efecto, una curvatura más acentuada y materiales más delgados garantizan mejor la fácil ejecución de una bóveda construida sin cimbra. En tanto que los ladrillos gruesos y una curvatura de gran radio sean compatibles con la marcha regular del trabajo, los bizantinos se dan por satisfechos. Pero en cuanto advierten el menor inconveniente, toman ladrillos más delgados y de un radio de curvatura menor. De ahí este quiebro AA, que se manifiesta tan naturalmente en el aspecto de los edificios que su presencia pasa inadvertida.

Desde el punto de vista de los bizantinos, se debería incluso considerar la bóveda de la figura 114, no como un caso especial, sino como el tipo general a partir del cual se generan todas las bóvedas sobre pechinas como casos particulares. Todas derivan de aquél, y en la figura 115 puede verse la correlación.

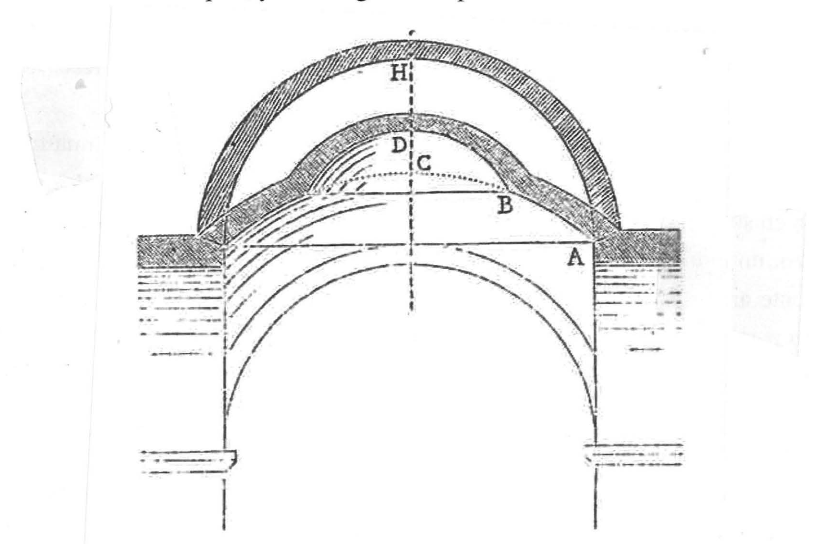


Figura 115. Variantes de bóveda esférica sobre pechinas

Supongamos que el quiebro B descendiera hasta el nivel A: inmediatamente obtenemos la cúpula sobre pechinas tal como la figura 108 había definido. Admitamos a continuación que el centro de curvatura del casquete desciende hasta confundirse con el centro de curvatura de las pechinas: llegamos entonces a la bóveda de intradós continuo de la figura 107.

Hay que añadir que se puede variar hasta el infinito la proporción de la bóveda. Adoptando perfiles en arco de circunferencia más o menos rebajados para las pechinas y para el casquete, se regula a voluntad la altura de éstas, así como la altura de la cúpula. Por supuesto, se ha de guardar cierta mesura en el achatamiento de las pechinas, porque está claro que no se puede reducir la altura sin aumentar al mismo tiempo el empuje diagonal que desarrollan.

Los diversos tipos de bóveda esférica resumidos en la figura 115 no aparecen al mismo tiempo en la historia de la arquitectura. En los edificios pertenecientes a la época romana se manifiesta sólo la variedad en la que el casquete y las pechinas forman parte de una misma esfera (bóvedas del valle del Hermos, láms. XV, XVI, XVII).

La idea de atribuir al casquete un radio menor que el de las pechinas prácticamente no se manifiesta antes del siglo VI, y la cúpula de Santa Sofía es uno de los más antiguos ejemplos fechados con autenticidad.

Hacia el siglo X, bajo el imperio macedonio, se difunde la costumbre de separar la cúpula de las pechinas por un tambor cilíndrico; una de las aplicaciones más antiguas de fecha conocida es San Bardias de Salónica.

Por último, en el ocaso del período bizantino, se asiste a una última transformación (fig.116). Los lechos de la pechina, hasta ahora poco inclinados, degeneran en superficies planas y horizontales. Ahora la pechina no es más que un voladizo, un macizo que sobresale haciendo cuerpo con el muro. La bóveda propiamente arranca por encima de las pechinas, y un friso F separa normalmente las dos partes de la obra, de distinta estructura. Un voladizo de este tipo no requiere, necesariamente, un intradós esférico; en los edificios de Andrinópolis o de Brusa, que los arquitectos griegos elevaron para los sultanes, se observan pechinas poliédricas y toda una serie de formas caprichosas que se diversifican sin límite bajo la dominación otomana. Pero no nos vamos a extender aquí sobre este sistema, cuyos orígenes y aplicaciones nos alejarían del campo de la arquitectura bizantina.

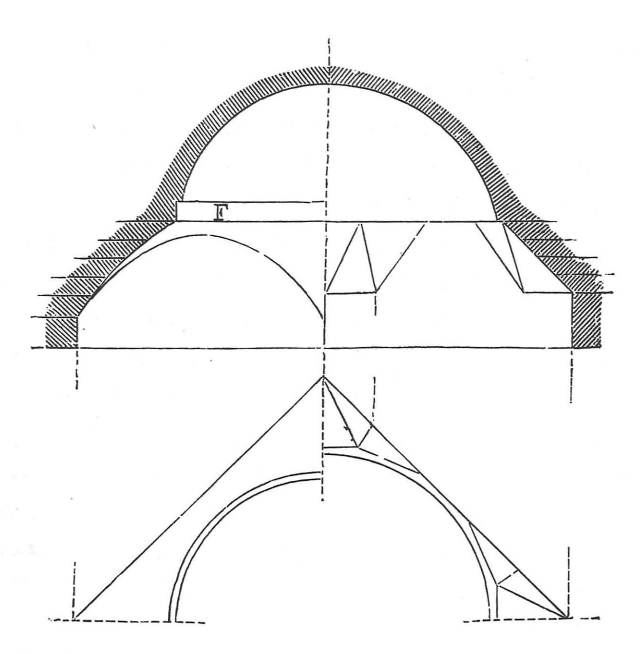


Figura 116. Cúpula sobre pechinas de lechos horizontales. Izquierda, curvas; derecha, poliédricas

8

La bóveda sobre pechinas en la construcción por hojas

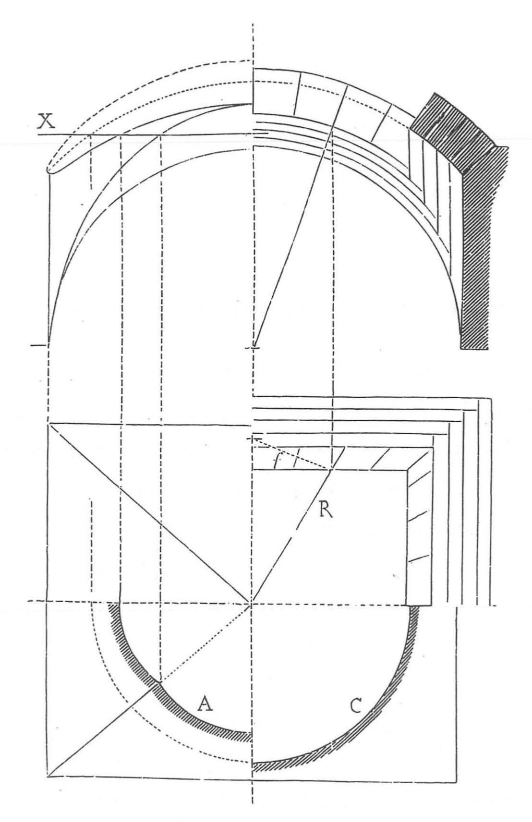
La bóveda esférica como caso particular de la de arista

En los ejemplos que hemos citado hasta ahora, la pechina no forma cuerpo con el resto de la bóveda. Es un soporte, una obra de espera independiente, que no presupone el perfil, ni siquiera la existencia misma, del casquete que la remata.

Muy diferente es el carácter de las bóvedas esféricas que vamos a ver a continuación. Aquí la cúpula y las pechinas que la soportan están trabadas de tal manera que no pueden levantarse por separado, pues ambas se generan a la vez, siguiendo el procedimiento constructivo que hemos explicado con ocasión de las bóvedas de arista. En efecto, una bóveda esférica es, para este nuevo sistema, un caso particular de la bóveda de arista (tal como la hemos definido en la página 53), que se presenta cuando la altura es igual a la mitad de la diagonal del rectángulo que le sirve de base.

Pero conviene aclararlo con un dibujo. En la bóveda de arista bizantina (ver la figura 117) el arco diagonal es un segmento de circunferencia y cada paño, una superficie generada por revolución en torno a un eje horizontal situado en el plano de los arranques. La altura de la clave por encima del plano de los arranques puede variar, pero alcanza su límite máximo cuando mide la mitad de la diagonal del rectángulo de la base. Cuando esta altura límite se alcanza, el arco diagonal se convierte en una semicircunferencia; los principios más básicos de la geometría prue-

ban que en este momento los cuatro paños de la bóveda se fusionan para constituir conjuntamente una superficie esférica. Las hiladas del casquete forman la prolongación, la continuación de las de las pechinas. Los elementos de la bóveda, casquete y pechinas, forman así un todo solidario. No se podría imaginar un modo de construcción en más perfecta armonía con la naturaleza geométrica de las superficies.



Figuras 117 y 117 *bis*. Transición de la bóveda de arista bizantina (izquierda), a la cúpula (derecha), en la construcción por hojas

Las figuras 117 y 117 *bis*, que permiten comparar la bóveda esférica con la bóveda de arista, ayudarán a comprender cómo se produce la transición de una a otra. A medida que el arco diagonal de la bóveda de arista se aproxima a una semi-

circunferencia, las aristas se suavizan cada vez más, y las secciones horizontales pasan de la forma quebrada A a la circular C.

La bóveda de arista, como hemos visto, se ejecuta sin cimbra a base de ladrillos y de mortero. La bóveda esférica, figura 117 *bis*, se construirá, por tanto, con el mismo tipo de materiales y procedimientos. Para trazar en el espacio las hojas cónicas será suficiente, como muestra la figura, un cintrel R y un cordel *f*.

¿Cómo se procedería si se quisiese rebajar la bóveda? La figura 118 nos da la solución.

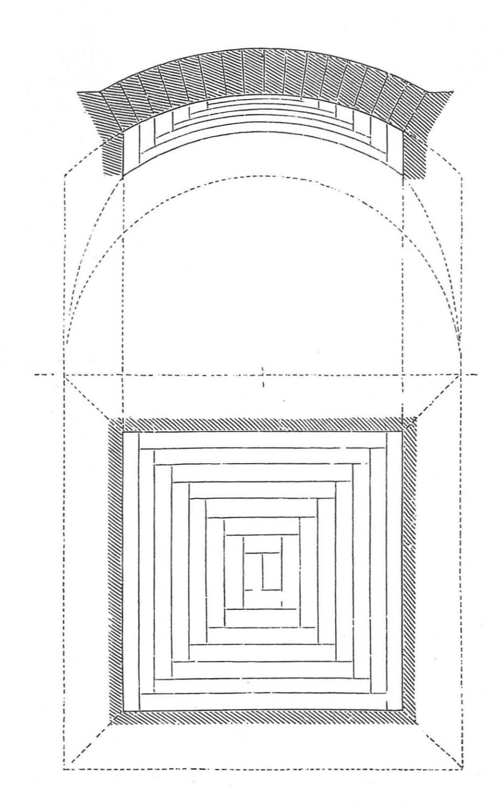


Figura 118. Bóveda esférica rebajada sobre planta cuadrada construida por hojas

¿Y si se pretendiese abovedar sobre una planta rectangular? El procedimiento a utilizar sería el indicado en la figura 119, que consiste en tratar la parte central como una bóveda rebajada, y construir la parte restante a la manera de una bóveda

rampante. Así se construyeron las bóvedas esféricas que cubren el espacio entre los arcos perpiaños de las naves laterales de Santa Irene de Constantinopla (lám. VII, 1). Son semejantes también las bóvedas de los almacenes de Zografos en el monte Atos (lám. VIII, 1), etc.

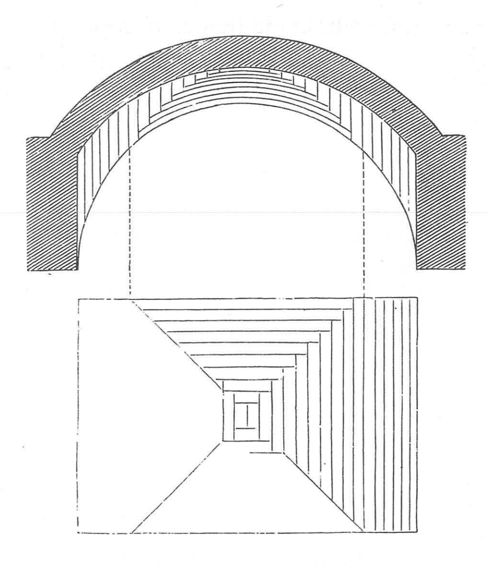


Figura 119. Bóveda esférica sobre planta rectangular construida por hojas

Variantes

Hasta ahora hemos supuesto que las hojas están orientadas paralelamente a los planos de los arcos de cabeza. Tal es, en efecto, la disposición habitual. Pero los bizantinos no siempre la siguen, llegando más de una vez a orientar las hojas, como indica la figura 120, paralelamente a los planos diagonales.

Esta forma de construir ya existía antes de la época bizantina, como lo prueba la bóveda enclavada bajo los muros romanos de Magnesia del Meandro. Esta bóveda, que sería muy rebajada y rectangular, según lo que las ruinas existentes permiten deducir, se muestra en el dibujo 2 de la lámina XIII. Los morteros tienen aquí la consistencia de los mejores morteros antiguos. Este ejemplo, aun

siendo romano, nos permite retrotraer el origen del arte bizantino a una fecha más antigua de lo que se cree.

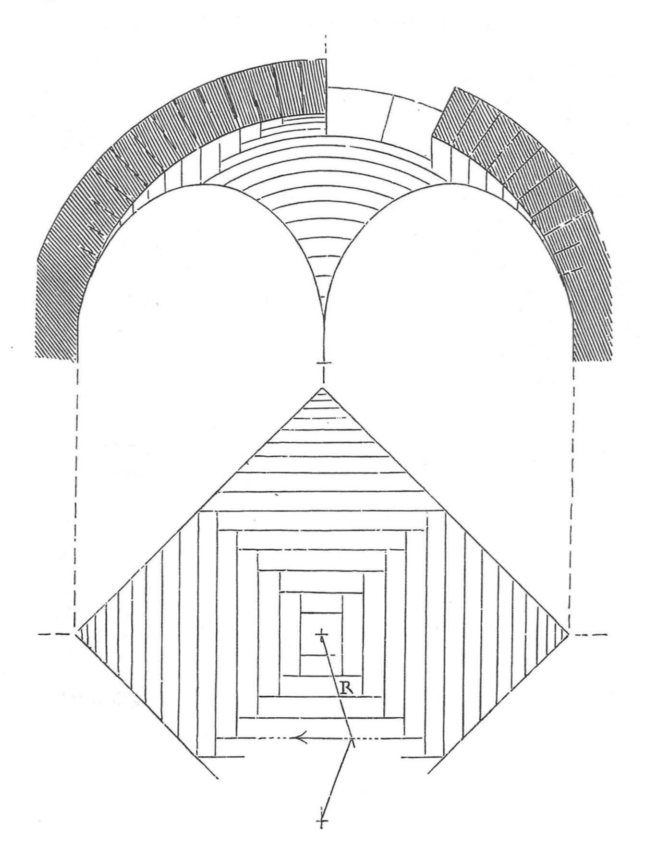


Figura 120. Bóveda esférica de hojas paralelas a los planos diagonales

Así, las bóvedas esféricas construidas por hojas verticales se dividen naturalmente en dos grandes categorías: las que presentan las hojas paralelas a los planos de cabeza, y aquéllas cuyas hojas son paralelas a los planos diagonales. Sin embargo, los bizantinos no se limitan a estos dos tipos fundamentales. Asocian uno y otro alternando, como indica la figura 121, hojas paralelas a los planos diagonales con hojas paralelas a los formeros. Como ejemplo construido he dibujado (lám. XIV, 2) la bóveda de la sala de la tumba de San Demetrio en Salónica.

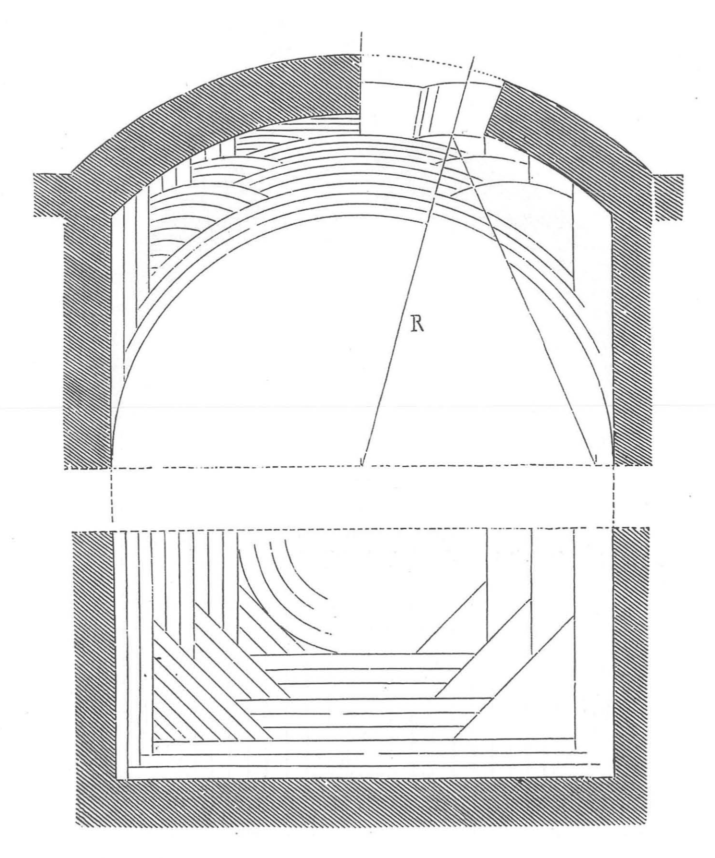


Figura 121. Bóveda esférica en la que se alternan hojas paralelas a los planos diagonales y a los formeros

Para agotar la serie de combinaciones que admiten entre sí los diversos tipos de construcción bizantina, nos queda por mencionar las bóvedas en las que la zona próxima a los arcos de cabeza se ejecuta sólo por hojas mientras el resto se construye por anillos. La figura 122 explica esta opción mixta, elegida frecuentemente en las fortificaciones de Constantinopla.

Algo común a los diversos tipos de bóvedas que estamos describiendo es que un casquete esférico construido por hojas no reposa nunca sobre el trasdós de los arcos de cabeza; siempre acomete (fig. 123) contra cortes TE, de manera que dichos arcos apenas se destacan sobre el intradós con un imperceptible resalto *s*.

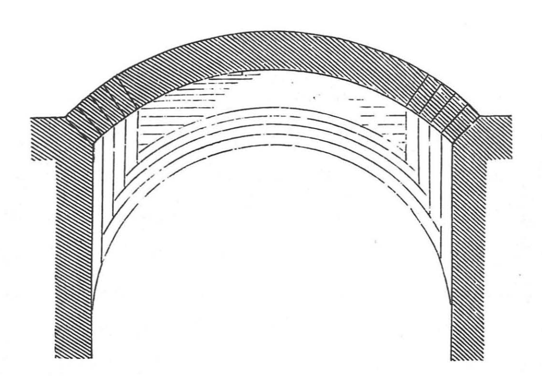


Figura 122. Bóveda de construcción mixta; por hojas en la zona de los arcos de cabeza y por anillos en el resto

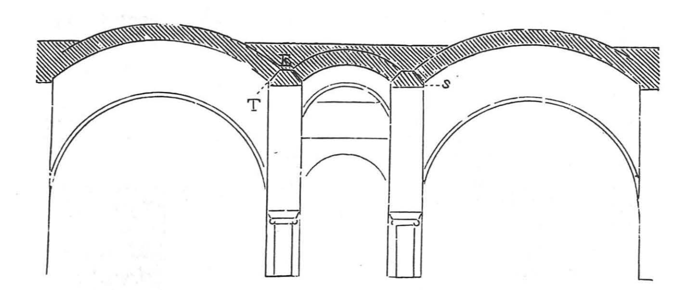


Figura 123. Encuentro de un casquete esférico construido por hojas con los arcos de cabeza

Al estar así embebido el arco perpiaño, se puede reducir la altura de la bóveda proporcionalmente; basta un simple ábaco para recibir el arranque y el efecto que produce este tipo de bóveda es de una singular ligereza y audacia, como queda patente en la original elegancia de las naves laterales de Santa Sofía.

Comparación y ejemplos de tres tipos de bóveda: bóveda esférica, de arista y en rincón de claustro

Es este el momento de mostrar la estrecha relación que el modo de construcción por hojas de la arquitectura bizantina crea entre tres clases de bóvedas en apa-

riencia profundamente distintas: la bóveda de arista, la bóveda esférica y la bóveda en rincón de claustro.

La transición de la bóveda esférica a la bóveda de arista ya nos es conocida (pág. 102). La única diferencia entre una y otra reside en la curvatura del arco diagonal: en la bóveda de arista, el arco diagonal esta rebajado; en la bóveda esférica, el arco diagonal es de medio punto. Continuemos haciendo crecer la flecha del arco diagonal, y tomemos un arco peraltado, un arco apuntado, por ejemplo (fig. 124); la arista, saliente en el caso de un arco diagonal rebajado, desaparece en el momento en que el arco diagonal toma la forma de una semicircunferencia. Después esta arista se hace entrante, y se obtiene el equivalente de una bóveda de rincón de claustro, cuyos paños, en lugar de ser perfectamente cilíndricos, presentan una ligera concavidad. En la lámina XII, 1, mostramos un ejemplo de esta nueva clase de bóveda, que corresponde a una chimenea en el monasterio de Iviron (Atos). Parecida disposición se encuentra en Pantocrátor, etc.

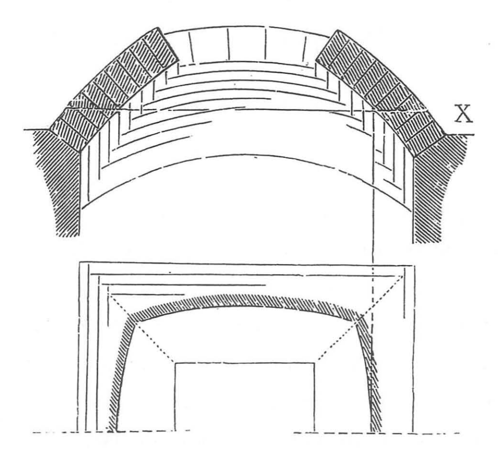


Figura 124. Bóveda con arco diagonal peraltado

Todos los tipos fundamentales de bóvedas pueden reducirse así a un único modo de generación, ya que rebajando el arco diagonal de la bóveda esférica se obtiene la bóveda de arista y si se apunta, se tiene la de rincón de claustro. Este peralte de la arista es, por otra parte, bastante raro en la arquitectura bizantina, donde los dos tipos habituales son la bóveda esférica y la bóveda de arista.

Interesa distinguir en qué casos se aplica cada una. Puesto que la bóveda esférica es una bóveda de arista que ha alcanzado su máxima flecha, está claro que ésta corresponde al mínimo empuje. La bóveda esférica debe entonces ser considerada como la solución óptima, que debe escogerse siempre que la altura disponible lo permita. La bóveda de arista, que tiene menos flecha y más empuje, no es más que un último recurso, admisible solamente cuando la altura lo exija.

Los bizantinos lo entienden también así; una de las más sorprendentes aplicaciones de esta idea se encuentra en el empleo de ambos tipos de bóveda en los dos pisos de las naves laterales de Santa Sofía (lám. XXV y fig. 125).

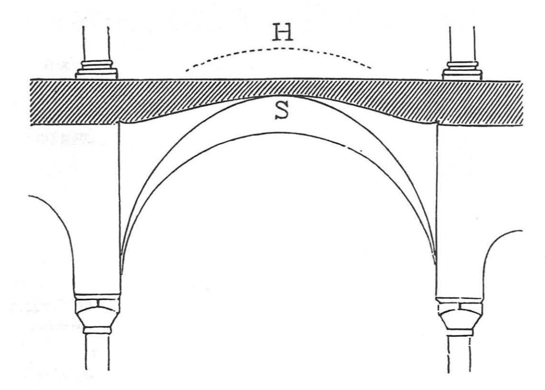


Figura 125. Santa Sofía de Constantinopla. Sección por una de las naves laterales y detalle de la bóveda del nivel inferior

En el nivel inferior (fig. 125) debía tenerse en cuenta la altura, porque cualquier elevación SH de la clave S habría supuesto la elevación de todo el edificio. Por el contrario, la bóveda del piso superior, cuyo trasdós da al exterior, disponía de un espacio ilimitado. Según esto, la decisión a tomar estaba clara: mientras que en el piso superior nada se oponía al empleo de la cúpula, para las galerías inferiores había que adoptar la bóveda de arista a fin de rebajar lo más posible la altura de su clave. Así se reparten, en efecto, según los dos niveles: bóvedas de arista en el nivel inferior y esféricas en el superior (ver fig. 160 más adelante).

Esta distinción no es exclusiva de Santa Sofía. Los nártex altos de las iglesias de Salónica y del monte Atos se abovedan también con cúpulas. La regla se justifica suficientemente, por lo que parece inútil multiplicar los ejemplos.

Se puede ir todavía más lejos en este tipo de deducciones geométricas; así, mirando simplemente una planta bizantina, podemos saber si la bóveda reposa sobre pechinas propiamente dichas, o sobre trompas como las estudiadas en el capítulo VI. Una bóveda sobre pechinas concentra su empuje sobre sus cuatro ángulos; una bóveda sobre trompas lo reparte entre ocho puntos de su contorno. Todo se reduce entonces a contar el número de puntos de apoyo.

Tomemos un ejemplo, la iglesia de Dafni (fig. 126). Su planta presenta ocho puntos de apoyo A, B, C..., lo que implica la presencia de una bóveda octogonal soportada por trompas.

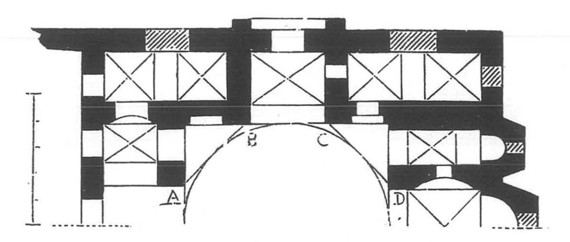


Figura 126. Planta de la iglesia de Dafni

En Santa Sofía, por el contrario, donde no hay más que cuatro gruesos pilares como macizos resistentes, sólo puede concebirse un sistema de cuatro pechinas. Siguiendo con este criterio se puede leer en cualquier planta bizantina cuál es el sistema de abovedamiento que le corresponde.

9

Los asientos: arcos de descarga y fábricas desligadas

Si una fábrica está sometida en sus diversas partes a tensiones muy diferentes, se comprime desigualmente y corre peligro de agrietarse. Consideremos el caso más simple, una bóveda que soporta un muro testero (fig. 127). El peso de este muro H produce una sobrecarga local que tiende a separar la parte frontal del cuerpo de la bóveda por una grieta X.

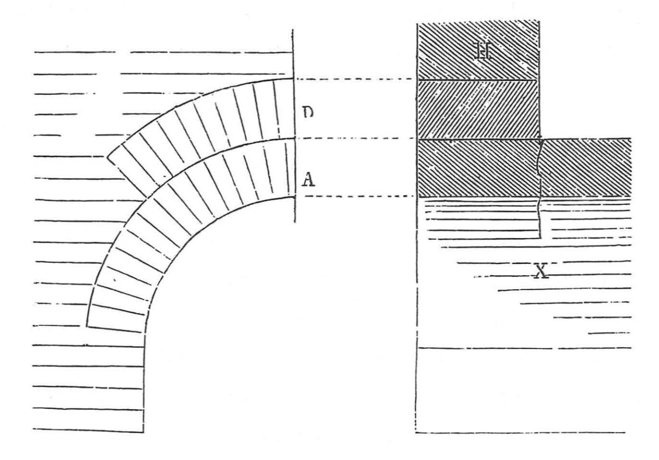


Figura 127. Muro de cabeza en extremo de una bóveda. Posible agrietamiento y su prevención mediante un arco de descarga

En el monumento de Placidia (lám. XVII, 1), los arcos que rematan las naves y soportan la linterna presentan un ejemplo bastante curioso de esta discordancia.

En general, puede decirse que los bizantinos tienen por norma procurar la mayor independencia posible entre las fábricas desigualmente cargadas. Filón de Bizancio, considerado una autoridad durante toda la Edad Media y cuyo tratado de fortificación fue reeditado por orden expresa del emperador Constantino Porfirogéneta, cita a este respecto una regla que, aunque pensada sólo para aplicarla al caso de las construcciones militares, no deja por ello de implicar un método. Formula esta regla como sigue:[2] «No se deben unir las torres con las murallas, porque no siendo igual el peso de las construcciones de una y otra parte, su conexión originaría grietas.»

En más de una ocasión he podido reconocer la aplicación de este principio. Así, las grandes torres de Constantinopla, las de Nicea, Kutaia, etc., sólo en casos excepcionales forman cuerpo con las murallas, adosándose generalmente sin la menor ligazón (fig. 132).

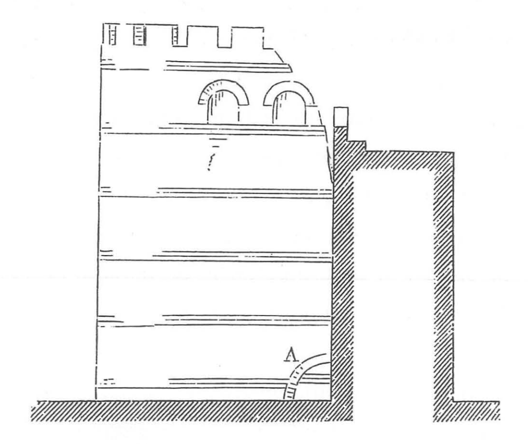


Figura 132. Torre construida adosada, sin traba, a una muralla

Para hacer que la independencia sea más completa, los ingenieros de Constantinopla procuran incluso arcos de descarga A (rellenados después) que impiden que el peso de las torres cargue sobre el macizo de los cimientos de la muralla. Torres y muralla tienen de este modo su cimentación propia, que asienta por separado. Pero sin duda sería exagerado querer atribuir sólo a esta considera-

ción de los asientos la falta de unión que se observa entre los muros y las torres. Más de una vez, los bizantinos tuvieron que improvisar bajo la amenaza del enemigo murallas defensivas continuas, que reforzaban después flanqueándolas con torres. Sea como fuere —y es la única cosa que nos importa aquí— la independencia entre las fábricas desigualmente cargadas es una idea bizantina que rebasa en sus aplicaciones el marco militar, al que se refiere el texto de Filón. Cuando un machón o estribo recoge el arranque de una gran bóveda y está, por tanto, más cargado que los muros intermedios de relleno, no se traba con ellos. Esto se verifica en las ruinas de Sardes, en la iglesia de la Trinidad de Éfeso o en la basílica de Filadelfia (lám. XVI). Los machones de las bóvedas se construyen ordinariamente de cantería y el cuerpo del muro con ladrillo, pero ningún enjarje o adaraja liga la fábrica de ladrillo a la de piedra. La independencia es tan completa, que los muros han llegado a desplomarse sin dejar sobre los machones el menor rastro de su presencia. No he tenido ocasión de examinar la estructura de los pilares que soportan la cúpula de Santa Sofía, pero se dice, al menos así lo afirma Paulo Silenciario,[3] que están construidos con grandes sillares, mientras que el resto de la construcción es de ladrillo. De acuerdo con los levantamientos de Salzenberg, los pilares de Santa Sofía no se unen a los muros por ninguna ligazón, como en los de los edificios de Sardes.

10

Las cadenas

En el problema siempre delicado de asegurar el equilibrio de los edificios abovedados, los bizantinos debían tener en cuenta una circunstancia que afortunadamente nosotros podemos ignorar; me refiero a las convulsiones subterráneas a las que en Oriente está expuesto sin cesar el terreno. Las crónicas del bajo Imperio mencionan en cada página edificios derruidos por los temblores de tierra. En un sólo reinado, el de Justiniano, Antioquía se derrumba, después Beirut, Nicomedia; los edificios de Constantinopla son dañados a su vez. Uno se pregunta, a la vista de los desastres que se reproducen sin cesar, si no hubiera sido mejor emplear ligeras estructuras de madera en lugar de estas pesadas bóvedas que amenazan, a la menor sacudida, con agrietarse y hundirse. En realidad no es así. He podido visitar, algunos meses después de uno de estos terribles temblores de tierra, una ciudad de Asia Menor en ruinas, Echekli. Allí observé con vivo asombro que las mezquitas, coronadas con cúpulas, se levantaban casi intactas en medio de los escombros. Su conservación se debía a la estructura misma de las bóvedas. Éstas no se sostenían únicamente gracias a grandes macizos de estribo; estaban ceñidas con una cadena de piezas de madera contra la que las trepidaciones no podían hacer nada. La costumbre de encadenar así las bóvedas y los propios muros es tan antigua como las mismas civilizaciones asiáticas, y aún se conserva en el Asia Menor y Grecia. Limitándome a los ejemplos bizantinos, hay pocos edificios del bajo Imperio que no estén consolidados así en todas sus partes por recuadros de

madera más o menos visibles, habitualmente embebidos en el espesor de las fábricas.

Independientemente de las garantías que ofrecían contra los movimientos del terreno, estas cadenas tenían una utilidad muy clara durante la construcción de los trabajos: impedían que las fábricas, todavía frescas, sufrieran deformaciones accidentales que habrían alterado su regularidad y tal vez comprometido su duración. Además, en caso necesario habrían podido actuar, momentáneamente, como estribos.

Pero los bizantinos eran constructores demasiado prudentes como para confiar la estabilidad de sus bóvedas a estos refuerzos artificiales de duración esencialmente limitada y reparación imposible. Sabían que la madera privada de aire se degrada con rapidez y se pudre; para ellos el encadenado era sólo una medida de prevención. Se puede decir que no consideraban eficaz su ayuda más que en dos momentos: durante el período de asiento y en caso de sismo. A los esfuerzos permanentes oponían, como veremos, un sistema de contrarresto dispuesto como si los tirantes no existieran.

Expuesto el principio, examinemos cómo se puso en práctica. Pasaremos sucesivamente revista a las cadenas de los muros o soportes, a las de las arcadas y, por último, a las de las salas o galerías abovedadas.

Encadenado de los muros

En el segundo siglo antes de nuestra era, Filón de Bizancio escribía a propósito de las murallas:[1] «En la fábrica de los lienzos y de las torres es preciso embeber longitudinalmente vigas de roble ensambladas una a continuación de la otra. Estas cadenas, espaciadas verticalmente cada cuatro codos [1, 85 m], sirven para localizar el efecto de los proyectiles del enemigo sobre el muro y facilitar las reparaciones.»

Vitruvio, a su vez, menciona los traveseros o perpiaños de madera empleados en las construcciones de los romanos; y, en el siglo VI, Procopio señala su presencia en las construcciones militares de Persia.

En los muros bizantinos, largueros y traveseros se asocian habitualmente para formar verdaderos emparrillados, como sucede, por ejemplo, en un lienzo de la muralla de Constantinopla situado en el barrio de Balata, figura 133, A.

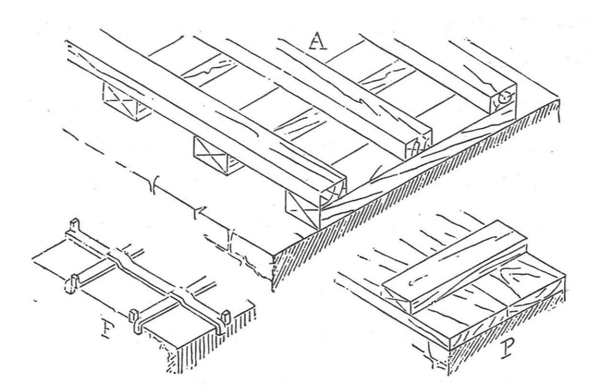


Figura 133. Tipos de cadenas en muros bizantinos

Aquí, los maderos, formando un emparrillado y, apoyados todos sobre su ancho, se espacian por término medio, 0,45 m entre ejes. Las secciones de los largueros miden 0,14 m por 0,08 m y las de los traveseros 0,18 m por 0,10 m. La distancia vertical de un entramado a otro es, en números redondos, de 1,50 m.

Los bizantinos llegaron incluso a sustituir los emparrillados A por plataformas continuas P (fig. 133), hechas de tablones unidos. Esta sustitución, frecuente en el monte Atos y en los edificios bizantinos de Atenas, tenía sus ventajas. Un muro así, cortado transversalmente por verdugadas de madera, resistía mejor que un muro sólo de fábrica, tanto las deformaciones por asiento, como las bruscas sacudidas del suelo; desgraciadamente estas delgadas plataformas eran poco duraderas.

En cuanto a los encadenados de hierro, sólo existen, según mis conocimientos, en las construcciones de cantería. En el monte Atos he visto emplear el hierro en forma de bandas F (fig. 133) intercaladas entre los lechos, y rematadas en cola de carpa. Este procedimiento, que los monjes conocerían sin ninguna duda por tradición bizantina, ofrece respecto al sistema de los empotramientos por cajeado la ventaja evidente de no reventar las piedras.

Encadenado de las bóvedas

La mayor parte de las arcadas bizantinas se mantienen en pie gracias a tirantes que anulan los empujes y se oponen a las deformaciones. Algunas veces estos tirantes

son de hierro (nave de Santa Sofía, lám. XXV), pero lo habitual es que sean de madera y se anclen en las fábricas en el encuentro con el soporte.

Hay arcadas en el monte Atos que están atirantadas en dos e incluso tres niveles diferentes. En estos casos, el tirante superior está situado, no en el plano de los arranques, sino a la altura de los riñones como, por ejemplo, en el monasterio de Esfigmenu, fig. 134.

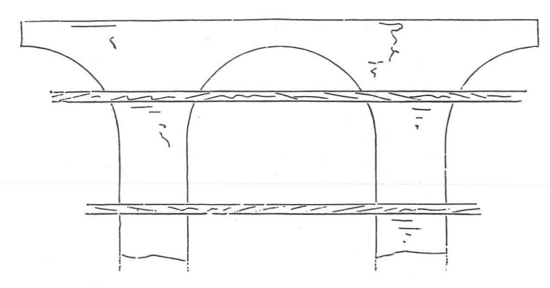


Figura 134. Arcada con tirantes de madera a varias alturas (Monasterio de Esfigmenu)

A veces se encuentran incluso, en lugar de tirantes aislados, entablados continuos que ofrecen una rigidez mayor. El ejemplo de la figura 135 corresponde a San Demetrio de Salónica.

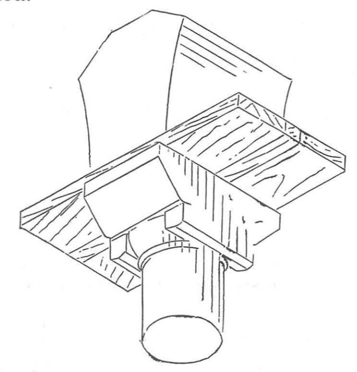


Figura 135. Tirantes formados por un entablado (San Demetrio de Salónica)

En el caso de una bóveda de cañón (fig. 136) el encadenado consiste en una serie de largueros o estribos embebidos en los riñones, que se atan transversalmente con tirantes más o menos espaciados. La bóveda, así encadenada, no ejerce empuje sobre sus soportes. En efecto, el empuje continuo de la bóveda se trans-

mite mediante los estribos a los tirantes, que lo anulan. Esta ingeniosa combinación concentra los esfuerzos de la bóveda, y esto permite contrarrestarlos mediante elementos resistentes aislados.

Estos elementos pueden ser piezas de madera con el oficio de tirantes, como acabamos de ver, pero también pueden ser contrafuertes de fábrica. Con frecuencia, se emplean simultáneamente tirantes y contrafuertes, como ocurre en la figura 136 (ruina en las inmediaciones de Brusa).

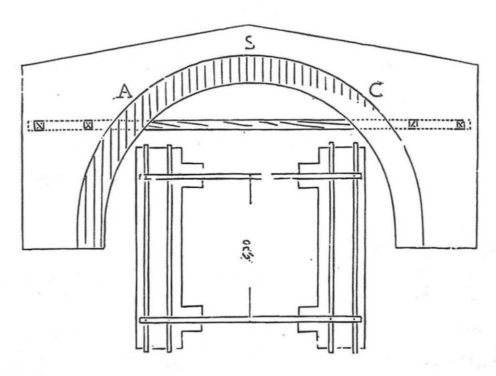
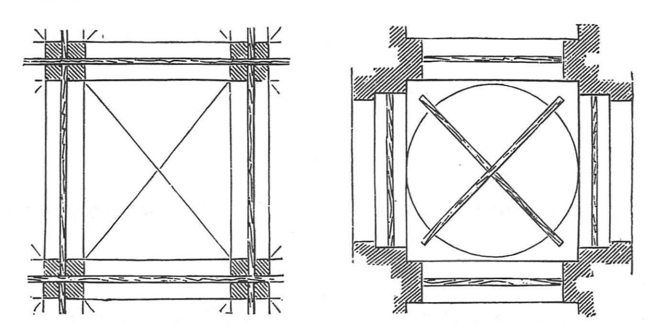


Figura 136. Bóveda encadenada con tirantes y largueros de madera (Brusa)

En las bóvedas de arista o en las cúpulas sobre pechinas, el encadenado consiste en un sistema de tirantes dispuestos conforme a las plantas de las figuras 137 y 138. Estos tirantes ensamblados a media madera constituyen a nivel de los arranques, o mejor todavía, a la altura de los riñones, un cerco inextensible que absorbe los empujes.



Figuras 137 y 138. Encadenado de bóvedas de arista, izquierda, y cúpulas sobre pechinas, derecha (basílica de Filadelfia)

Las láminas adjuntas contienen numerosos ejemplos de este tipo de encadenados. En la lámina XIII, 1 (cisterna Yerebatan serai, en Constantinopla) los tirantes son troncos de madera directamente apoyados sobre los ábacos de las columnas. De estas maderas sólo quedan hoy día sus huellas en la fábrica.

En la basílica de Filadelfia (lám. XVI, 1), los tirantes, vigas de 0,35 m a 0,40 m de escuadría, formaban un emparrillado a nivel de los arranques. Para aumentar la seguridad, tirantes diagonales (fig. 138) enlazaban las pechinas, dos a dos, y se oponían a su deformación. Hoy puede apreciarse en las últimas hiladas de las pechinas el vacío dejado por estas piezas diagonales que iban a anclarse en el núcleo de las fábricas.

En la cisterna de Nicomedia (lám. XVII, 2), las huellas dejadas por los maderos desaparecidos hace tiempo revelan que, además de las piezas de encadenado, existían riostras, que no penetraban a través de los macizos y que sirvieron sólo como tirantes de las cimbras de los arcos perpiaños.

Tirantes del mismo tipo se encuentran en Constantinopla, en la cisterna llamada de las Mil y Una Columnas (lám. XIII, 3). Estos presentan una particularidad que la figura 139 pone de manifiesto. Los tirantes apoyan a media madera sobre los salmeres, haciendo imposible el desplome de las delgadas columnas sobre las que reposan las bóvedas de la cisterna. Son elementos de arriostramiento, nada más.

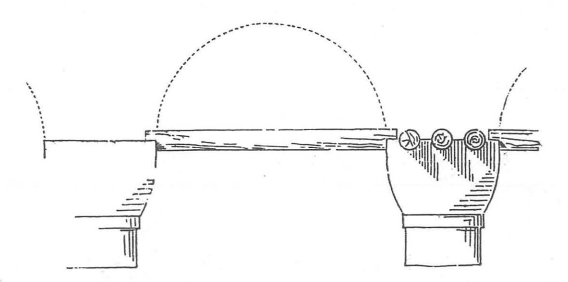


Figura 139. Cadenas de arriostramiento horizontal en cabeza de las columnas (cisterna de las Mil y Una Columnas)

En el caso de una cúpula sobre tambor, los bizantinos disponen el encadenado del modo indicado en la lámina XX, 2; los maderos forman un polígono, cuyos lados se ensamblan en sus extremos a media madera. Estos maderos atraviesan las

ventanas del tambor, llegando a ocurrir algunas veces que una misma ventana esté cortada a dos niveles diferentes por dos y hasta tres anillos de encadenado (cúpulas del monte Atos).

Este esquema se repite cuando hay que perforar un muro; los bizantinos, en vez de disponer los largueros que forman el encadenado lejos del hueco, procuran hacerlos pasar justo por la mitad de las aberturas. Estas piezas de madera permanecían en su sitio hasta el momento en que las fábricas entraban definitivamente en carga. En pocos monumentos bizantinos no aparecen estos encadenados que atraviesan ventanas, puertas, o cualquier otra cavidad en los macizos, para evitar las diferencias de asiento que presumiblemente entrañaba la presencia de estos huecos.

La torre bizantina de la plaza de San Marcos de Venecia nos ofrece a este respecto un ejemplo curioso. Durante la construcción, todas las arquerías y arcos de descarga que aligeraban los muros de carga, se arriostraron con piezas de encadenado.Todavía hoy, el hueco de la escalera está atravesado por alguno de estos maderos, que sólo se serraron, pasado el tiempo, cuando estorbaban el paso.

Los bizantinos establecen una distinción muy clara entre los encadenados con un papel permanente y aquellos cuya función, puramente transitoria, se reduce a evitar, durante la obra, empujes o asientos. El aspecto mismo del encadenado revela esta distinción, como puede verse en las primitivas cadenas de las naves de Santa Sofía. La mayor parte de estas piezas tenían un papel provisional y, toscamente escuadradas, apenas penetraban en la superficie de los paramentos; las otras, con un papel permanente, estaban talladas en toda su superficie y se conservan hasta hoy. En la planta de la figura 140 he indicado la situación de estos tirantes permanentes; la figura 141 muestra, mediante una sección vertical, su disposición.

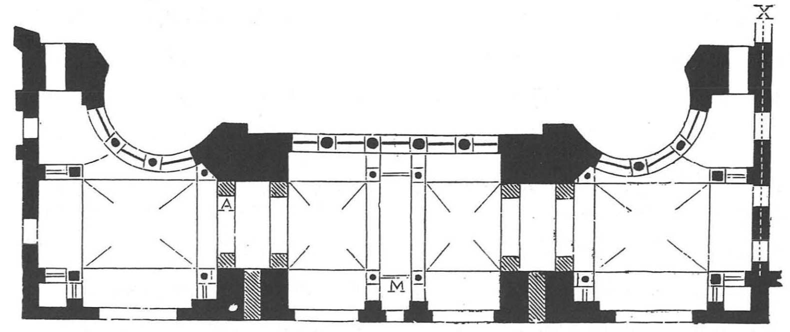


Figura 140. Situación de los tirantes en las naves de Santa Sofía de Constantinopla

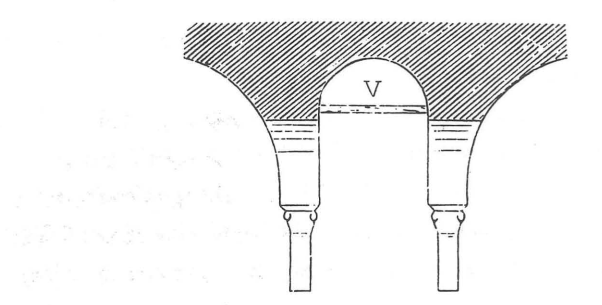


Figura 141. Disposición de los tirantes en Santa Sofía de Constantinopla

Todos ellos corresponden a arcos estrechos, tales como el V, sometidos al empuje de grandes bóvedas gemelas que los abrazan a derecha e izquierda, entre sus riñones. Su papel es el de impedir que estas grandes bóvedas se aproximen hundiendo el arco V. El esfuerzo que sufren es, pues, una compresión; son puntales, codales, nada más.

El arquitecto quiso conservar sólo estos codales, e hizo desaparecer todos los tirantes propiamente dichos, en otras palabras, todas las piezas que trabajan a tracción. Esta supresión fue desastrosa. Los empujes, contenidos hasta entonces, deformaron en todos los sentidos las fábricas todavía frescas, de manera que hizo falta reemplazar a toda prisa los tirantes por barras de hierro, laboriosamente ancladas. Finalmente, se pudo evitar la ruina de las bóvedas y esta tentativa fallida fue una lección de prudencia que los arquitectos de siglos venideros supieron aprovechar.

Muy pocas veces se arriesgaron a construir un edificio cuyas bóvedas no estuvieran aseguradas con tirantes vistos. En todo el monte Atos apenas puede citarse una iglesia o dos donde falten estos elementos; y no es raro encontrar algunas en las que se usan en exceso, encontrándose atravesadas por una doble o triple red de tirantes espaciados a distintos niveles.

En San Marcos de Venecia, los tirantes son de hierro. Las barras que los componen se ensamblan con la ayuda de las uniones indicadas en la figura 142, y las filas de arcadas que bordean la nave los reciben e impiden que flecten.

Por último, en la época de la invasión otomana, el empleo del hierro se hace general. Los arquitectos griegos mantienen con la ayuda de cadenas de hierro,

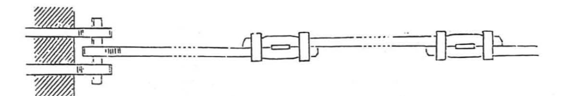


Figura 142. Uniones en los tirantes de hierro de San Marcos de Venecia

siempre visibles, las bóvedas de las grandes mezquitas de Constantinopla, últimos monumentos verdaderos del arte bizantino.

11

Los contrafuertes y el agrupamiento de las bóvedas

Los contrafuertes

Consideremos en primer lugar una cúpula sobre un tambor circular. Si el tambor tiene suficiente espesor, bastará para contrarrestar los empujes, y la manera de aumentar su espesor sin exagerar su masa consiste en disponer en su interior huecos de aligeramiento. Ejemplos de una decisión así son, en Occidente, el Panteón de Roma y, en Oriente, San Jorge de Salónica y la iglesia justiniana del monte Garizim. Aquí, lo mismo que en el propio Panteón, los vaciados comunican directamente con la rotonda,[1] y este espacio se aprovecha, en general, para distintos usos en favor de los servicios interiores.

Cuando la planta es poligonal, este sistema de vacíos no excluye el uso de contrafuertes en los ángulos. La rotonda de Minerva Médica emplea simultáneamente los dos modos de contrarresto, e igual ocurre con la base octogonal que soporta la cúpula de San Sergio en Constantinopla. Ambos son, por otra parte, monumentos de la misma familia. La lámina XXII los presenta en paralelo y permitirá apreciar lo análogo de su concepción. Compárense los dos edificios; examínese la forma en que los contrafuertes se ajustan, el retranqueo dispuesto a media altura de la construcción, el paso de ocho lados a dieciséis, y hasta los nichos de aligeramiento que se intercalan entre los soportes; todo parece calcado de una planta a la otra.

Mientras en el templo de Minerva Médica han desaparecido las dependencias o espacios anejos, en otro tiempo agrupadas en torno a la cúpula,[2] en San Sergio subsisten formando un perímetro rectangular cuyos muros, unidos al tambor por arbotantes, contribuyen con su peso al contrarresto de la cúpula. Hay que destacar que no hay contrafuerte, ni masa de contrarresto que sobresalga fuera del perímetro rectangular de los muros que delimitan el edificio.

Esta última observación se puede ver como un principio general que tiene su importancia en la construcción bizantina. Los contrafuertes se pueden disponer básicamente de dos formas muy distintas que paso a reflejar en dos figuras comparativas. En la primera (fig. 143) quedan al exterior de la nave, renunciándose a abovedar estos molestos elementos auxiliares.

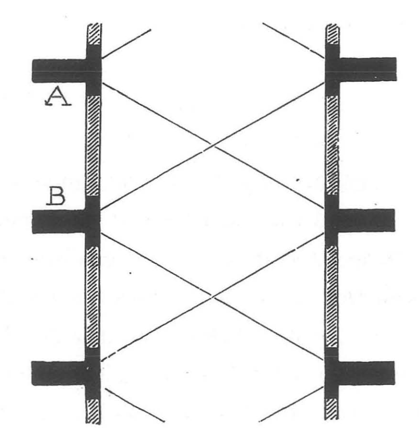


Figura 143. Planta de una nave abovedada con contrafuertes exteriores

En la otra, por el contrario, (fig. 144) se colocan los contrafuertes y los macizos de contrarresto en el interior mismo de la nave.

La primera solución es la adoptada por la arquitectura occidental de la Edad Media; la otra, la utilizada por las arquitecturas romana y bizantina. Cada una tiene sus ventajas e inconvenientes. Si se elige la primera, se sacrifica todo el espacio AB comprendido entre los dos contrafuertes, si se toma la segunda, se amplía la superficie cubierta en esa misma cantidad AB. La primera da una nave más estrecha, pero más despejada y libre; la otra ensancha la nave, pero la obstruye.

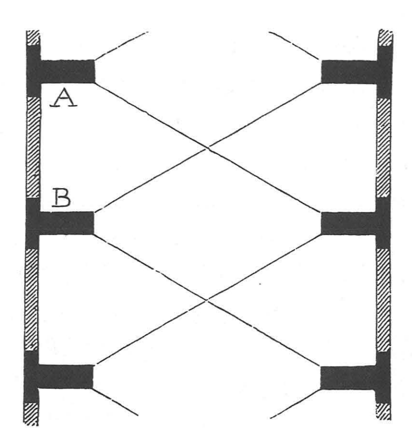


Figura 144. Planta de una nave abovedada con contrafuertes interiores

Ante la disyuntiva entre una pérdida de espacio o una ligera obstrucción interior, los bizantinos, fieles a las tradiciones del alto Imperio, tomaron la segunda opción. No dejaron en el perímetro de sus edificios ninguno de estos refuerzos, resaltos que en Occidente se aprovecharían para dar a las fachadas relieve y movimiento. En los monumentos de Oriente no queda, por debajo de las bóvedas que se recortan en el cielo, más que grandes muros rectos y lisos, de una extraña severidad. San Vital de Rávena, una de las raras construcciones bizantinas donde los muros están flanqueados por contrafuertes, es una verdadera excepción, que nos limitamos a citar. Veamos a continuación algunos ejemplos de la aplicación de la regla citada.

Tomemos el caso de una hilera de arcadas sobre columnas: hace falta, en el extremo de la columnata, un machón que absorba los empujes. ¿Dónde ha de colocarse, en el exterior (fig. 145) o en el interior (A, fig. 146)?

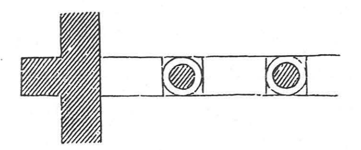


Figura 145. Hilera de arcadas con contrafuerte extremo exterior

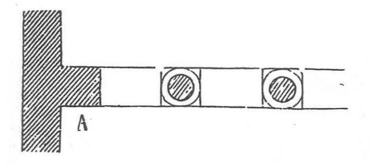


Figura 146. Hilera de arcadas con contrafuerte extremo interior

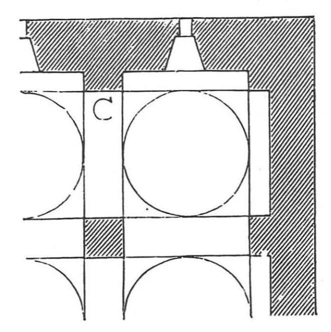
Contrariamente a lo que habrían hecho los arquitectos franceses de la Edad Media, que no habrían dudado en colocarlo exteriormente, los bizantinos le asignaban la posición interior A. Así se hizo en todos sus edificios con forma de basílica: en San Juan de Constantinopla (Imrahor Camii), o en el Eski-cuma de Salónica. En San Demetrio se ven, además de los contrafuertes interiores, grandes macizos que interrumpen la fila de arcadas, desempeñando el mismo papel que las pilas en nuestros grandes puentes.

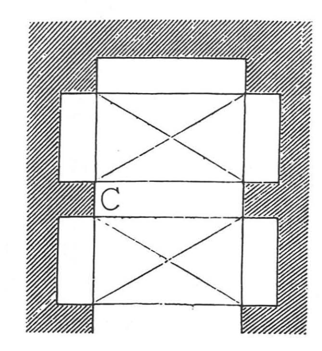
Para ver cómo se aplica este principio a las bóvedas de cañón, nos remitimos a lo visto sobre la práctica de consolidarlas por arcos de resalto, que descansan sobre pilastras con el oficio de contrafuertes, en el interior mismo de la galería (véase pág. 121, más arriba).

Por último, las dos figuras siguientes, 147 y 148, muestran cómo se concreta la idea de los contrafuertes interiores en el caso de las bóvedas esféricas o de arista.

Hay pocos conventos en el monte Atos que no posean almacenes abovedados según este principio, con la cara exterior de los muros completamente plana y los resaltos C que hacen de contrafuertes mirando hacia el interior. La figura 147 corresponde al monasterio de Zografos y la figura 148, a las fortificaciones de Constantinopla. También la basílica de Filadelfia, la vieja mezquita de Andrinópolis, etc., están concebidas exactamente según este principio.

Podemos hablar incluso de un exceso de celo por parte de los bizantinos en la aplicación de esta regla. Así, cuando quieren aumentar el espesor de cualquier muro, raramente colocan resaltos sobre las dos caras; levantan liso el paramento exterior, disponiendo todos los resaltos sobre la cara interior. Los grandes tímpanos de Santa Sofía de Constantinopla (lám. XXV) nos ofrecen de esto un ejemplo muy claro. Véase también el retranqueo que presentan a media altura los soportes de la cúpula de Santa Sofía de Salónica (lám. XXIII, 2). Pero regresemos a la cuestión de los contrafuertes.





Figuras 147 y 148. Empleo de contrafuertes interiores en bóvedas esféricas (izquierda, monasterio de Zografos) y de arista (derecha, fortificaciones de Constantinopla)

El agrupamiento de las bóvedas: combinaciones de equilibrio

El empleo de macizos, cuya única misión fuese contrarrestar el empuje de las bóvedas, les parecía a los bizantinos, por lo general, un procedimiento miserable y casi bárbaro. Era además, un método poco apropiado a la naturaleza especial de los empujes que desarrollan sus bóvedas, como veremos a continuación al analizar estos esfuerzos más detenidamente.

Una de las características esenciales de las bóvedas bizantinas que quizá más claramente las distinga de las bóvedas occidentales coetáneas, es que sus empujes se reparten por todo el perímetro del espacio que cubren. En una bóveda occidental sobre nervios (fig. 149) el peso de los cuatro paños independientes que la constituyen reposa sobre los arcos diagonales, y éstos transforman los pesos en empujes concentrados en los cuatro ángulos A, B, C, D, de manera que es suficiente reforzar estos cuatro ángulos con macizos de contrarresto. Los muros de cabeza no intervienen para nada en el equilibrio y ocupando su lugar hay habitualmente un simple ventanal de vidrio.

En la construcción bizantina (fig. 150) ocurre de forma completamente distinta.[3]

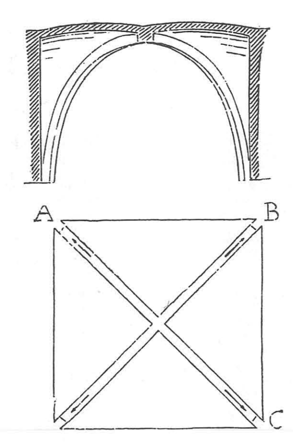


Figura 149. Bóveda occidental: los cruceros concentran los esfuerzos en los ángulos

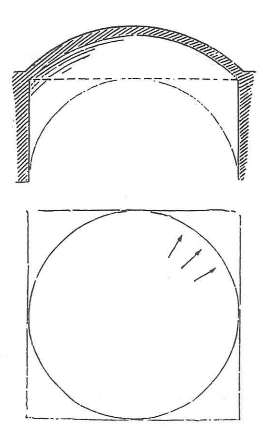


Figura 150. Bóveda bizantina: los esfuerzos se reparten uniformemente en el perímetro

La bóveda, en vez de dividirse en paños sobre nervaduras, es una cáscara de hormigón, continua y peraltada que, al entrar en carga, ejerce sobre todo su contorno empujes en los sentidos indicados en nuestro croquis por flechas divergentes. Esta bóveda tiende a reventar las paredes que la rodean. No es suficiente pues, contrarrestarla en sus cuatro ángulos; hay que estribarla en todo su perímetro. Los

bizantinos lo consiguen con el procedimiento más acertado, mediante el agrupamiento de las diversas partes de sus construcciones. El criterio que rige es el de procurar asociaciones de bóvedas donde los esfuerzos se contrarresten entre sí. Las combinaciones que realizan, basadas todas en la necesidad de oponer una resistencia continua al empuje repartido de sus bóvedas, pueden reducirse a dos tipos:

1° Asociación de bóvedas sobre pechinas y bóvedas de cañón.

Es la combinación de la figura 151. En lugar de construir una cúpula única sobre todo el espacio a abovedar, se ha cubierto solamente la parte central por una cúpula M. Dos bóvedas F, interpuestas entre ella y los muros exteriores, reciben los esfuerzos radiales, y los amortiguan.

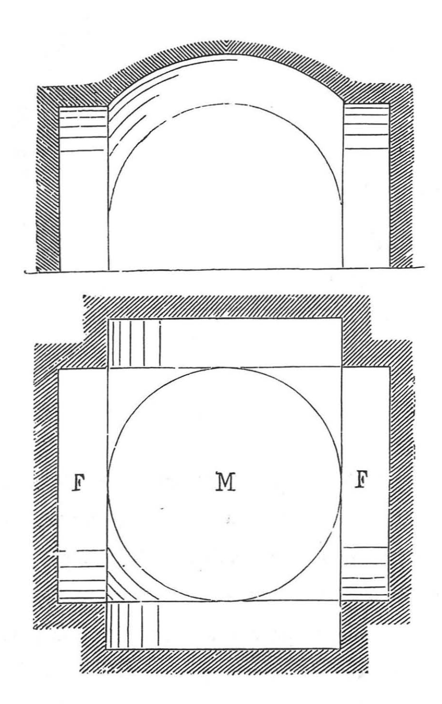


Figura 151. Bóveda sobre pechinas estribada por cuatro bóvedas de cañón

2º Asociación de bóvedas sobre pechinas y bóvedas de horno de contrarresto.

El otro tipo de asociación es el de una bóveda sobre pechinas M y bóvedas de horno D. La figura 152, que traduce esta idea, dispensa, creo, de entrar en más detalles. Las bóvedas de horno como la D constituyen evidentemente, para un casquete esférico sobre planta cuadrada, los medios de contrarresto más potentes y apropiados.

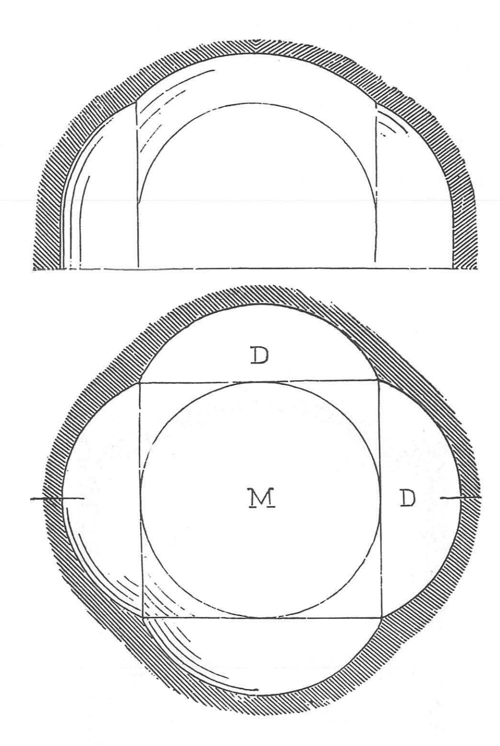


Figura 152. Bóveda sobre pechinas, estribada por bóvedas de horno

Mencionamos, por último, una opción mixta, que define la planta de la figura 153, y que consiste en estribar la bóveda M por bóvedas de cañón en dos de sus lados, y en los otros dos, por bóvedas de horno. Este empleo simultáneo de los dos sistemas es muy habitual.

Veamos algunos ejemplos de la aplicación de estas combinaciones. En la figura 154 se ha dibujado la planta de una iglesia muy antigua de Constantinopla (Koca Mustafa Pasha Camii) donde se emplean los dos métodos simultáneamente; los

empujes de dos de los lados de la cúpula se absorben con simples arcos torales, y los de los otros dos, con bóvedas de horno que forman ábsides. Los encadenados representados con trazos discontinuos completan el sistema.

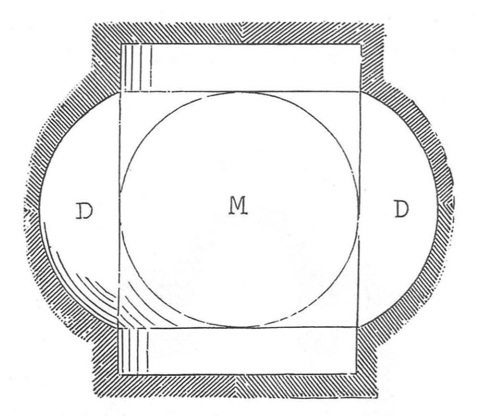


Figura 153. Bóveda sobre pechinas, estribada por bóvedas de cañón y de horno

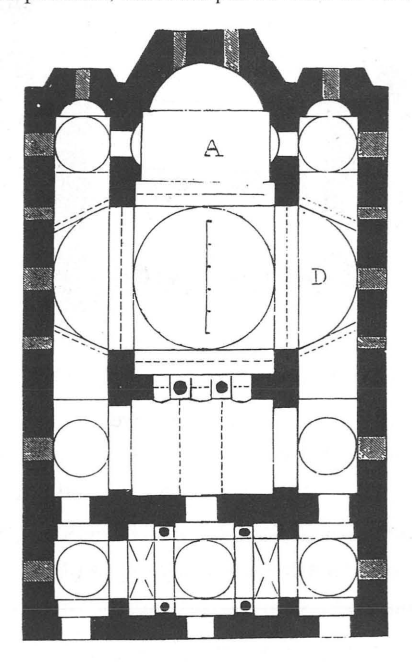


Figura 154. Contrarresto de cúpula por bóvedas de cañón y de horno (iglesia Koca Mustafa Pasha Camii, Constantinopla)

En el monte Atos el uso de cañones testeros es casi universal (fig. 155). Cuatro bóvedas A ciñen las pechinas. En C se colocan pequeñas cúpulas que transmiten a los muros del perímetro el empuje de las bóvedas A. Las pechinas quedan así soportadas por todas partes y su tendencia a separarse, enteramente anulada. El ejemplo de la figura 155 se encuentra en Vatopedi. Habría podido escoger al respecto una iglesia athonita cualquiera, puesto que la proporción es lo único que diferencia unas de otras.

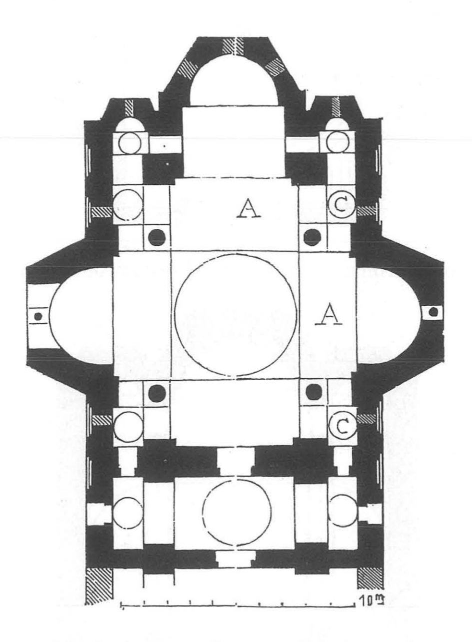


Figura 155. Contrarresto de cúpula por cañones en los planos de cabeza (Vatopedi)

Se encuentra el mismo tipo de contrarresto en la iglesia de Santa Sofía en Salónica; edificio tipo que resume para nosotros todo un conjunto de procedimientos que alcanzan en Santa Sofía de Constantinopla su más amplia y completa expresión. Debido a la importancia de este ejemplo, hemos creído necesario acompañar la planta de Santa Sofía de Salónica de una figura perspectiva de sus bóvedas (lám. XXIII, 2).

Una cúpula cuyos empujes se transmiten mediante cuatro cañones de cabeza a los cuatro pilares de los ángulos; tal fue, pues, durante ese periodo medio, el

esquema admitido casi sin excepción para los monumentos de Tracia y Grecia. La tradición lo consagra tan formalmente, que incluso se llega a adaptarlo a antiguos edificios concebidos de manera completamente distinta. Santa Sofía de Andrinópolis sufre una transformación de este tipo. El edificio no tenía original mente más bóvedas que cuatro bóvedas de horno agrupadas como indica la figura 156, y bordeados por una galería perimetral de dos pisos. Más tarde se quiso abovedar la parte central. Así, en este viejo monumento se construyó una cúpula completa con sus cuatro pilares en los ángulos y sus arcos de contrarresto. La planta muestra estas adiciones interiores que destacan con una tinta más clara sobre las construcciones primitivas.

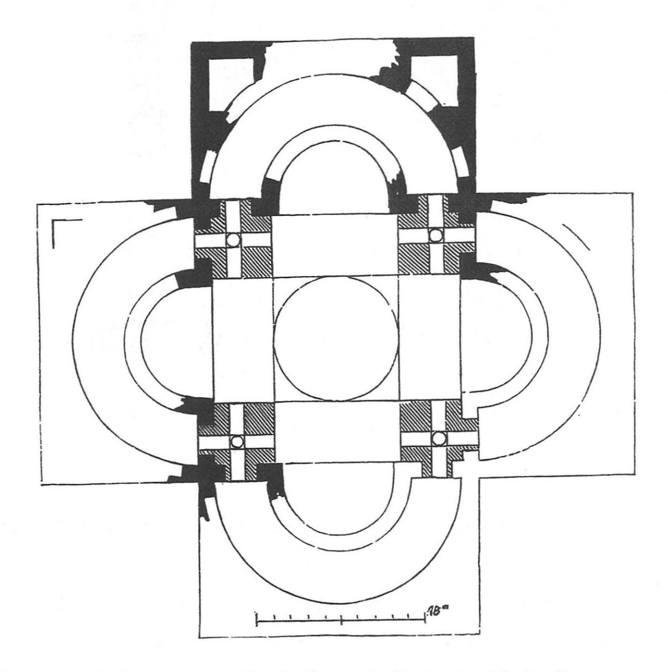


Figura 156. Etapas de la construcción de Santa Sofía de Andrinópolis

Todavía un ejemplo más, antes de abordar el importante caso de Santa Sofía de Constantinopla. Lo tomo de una iglesia de Atenas muy modesta, pero cuyas combinaciones de equilibrio son ingeniosas hasta el refinamiento, la iglesia de los Santos Apóstoles (fig. 157).

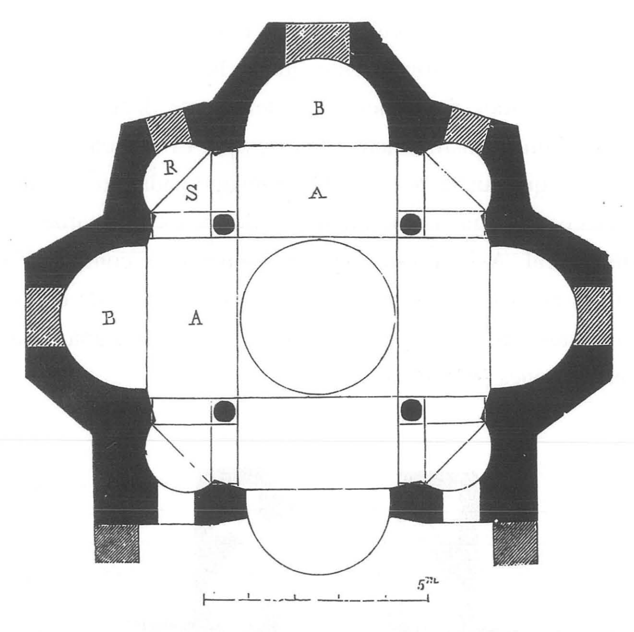


Figura 157. Iglesia de los Santos Apóstoles, Atenas. Sistema de contrarresto en planta

En el centro hay una cúpula, que empuja sobre todo su perímetro. Cuatro arcos torales A, rematados por grandes bóvedas de horno B, enmarcan esta cúpula y soportan las pechinas. Pero estos arcos torales producen su propio empuje. ¿Se anulará con contrafuertes? De ninguna manera. Se construye un casquete esférico sobre el espacio triangular S para solidarizar los arcos torales; este casquete S, que tendería a inclinarse hacia fuera bajo el esfuerzo de los empujes, será soportado a su vez por una pequeña bóveda de horno R. Hablando con propiedad, no existen contrafuertes. Las diversas bóvedas se apoyan progresivamente unas contra otras y las últimas, sobre el muro del perímetro. Se trata de una construcción excelente, de una obra de arte intachable, que se explica por sí misma y manifiesta solamente con su aspecto las garantías de su equilibrio.

Estos agrupamientos de bóvedas se hacían según combinaciones geométricas muy simples y, a veces, bastante elegantes. Así, en la iglesia de los Santos Apóstoles de Atenas, los centros de todos los absidiolos han sido dispuestos (fig. 158) sobre una misma circunferencia de radio CG. Los puntos E, E', ... se han obtenido por la división de esta circunferencia en ocho partes iguales.

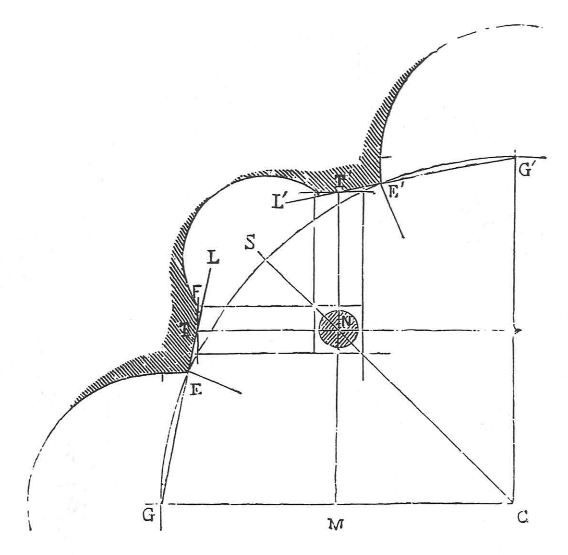


Figura 158. Trazado geométrico de la iglesia de los Santos Apóstoles, Atenas

Para determinar la posición de las columnas, se ha dividido el radio CG en dos mitades. Siendo M el punto medio, el centro N de una columna se obtiene de la intersección de la perpendicular MT' con una linea CS a 45°.

El paramento LE converge rigurosamente hacia el centro G del ábside vecino. Aunque el paramento LE esté esviado, el arco NT es un segmento de cañón recto cuya línea de arranque se obtiene trazando por el punto T una perpendicular a NT. La luz del arco NT fija el extremo F de la línea de arranque, quedando determinado, en consecuencia, el radio SF del pequeño nicho. De esta manera las diversas etapas del trazado se ligan unas a otras por una misma generación geométrica.

12

Las combinaciones de equilibrio en Santa Sofía y en los edificios que de ella se derivan

Lo que más asombraba de Santa Sofía a sus coetáneos no era tanto el lujo de sus mosaicos y sus mármoles, como la prodigiosa ligereza de su estructura. Les parecía, utilizando una expresión de sabor oriental, que su cúpula estaba suspendida en el espacio por una fuerza invisible, tal era la ligereza de los elementos de apoyo. Querría analizar estos elementos. Me propongo mostrar qué tenía en mente el arquitecto que los concibió, qué defectos se fueron revelando con el paso de los años y, por último, los perfeccionamientos que progresivamente hubo que realizar.

Una vista general (lám. XXIV) y una planta (fig. 159)[1] ponen ante nosotros el conjunto de elementos que contribuyen al equilibrio del edificio. Santa Sofía consiste esencialmente en un espacio, cuya cúpula central sobre pechinas está sostenida en dos de sus laterales por grandes bóvedas de horno C (sistema de la figura 152), y en los otros dos, por arcos torales A (sistema de la figura 151). He aquí un nuevo ejemplo de la opción mixta que asocia las dos formas habituales de contrarresto. Pero basta fijar la vista en la figura 159, para reconocer que los dos sistemas empleados aquí conjuntamente están lejos de ofrecer las mismas garantías. Mientras las grandes semicúpulas aseguran el equilibrio de modo sobreabundante, los arcos torales A, por el contrario, no tienen más que una estabilidad limitada que los incapacita para mantener por sí solos el empuje que se desarrolla en su dirección. El arqui-

tecto, consciente de ello, tuvo la precaución de añadir a los arcos A potentes contrafuertes, como se ve en la planta en EF, y en mayor detalle en la lámina XXIV.

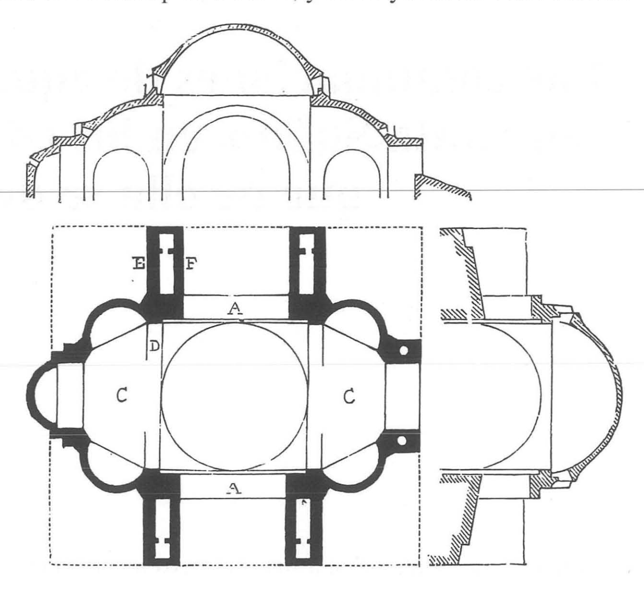


Figura 159. Santa Sofía de Constantinopla. Planta y secciones

Estos contrafuertes, según la costumbre bizantina, no se expresan en la fachada exterior del edificio, quedando el paramento externo del muro del recinto completamente liso. Los contrafuertes son, por decirlo así, muros de carga interiores, que se elevan por encima de la terraza que cubre los espacios laterales para estribar la cúpula. Cada uno de ellos es doble, compuesto de dos machones E y F, solidarios y de distinto espesor. El machón más grueso E acomete directamente contra el arco toral D, lo que es muy razonable, pues este arco es el elemento más comprometido en la transmisión del empuje de la bóveda. El otro machón F está adosado a la propia pechina e impide su desplome.

Examinemos ahora las naves laterales, que podemos ver en perspectiva en la lámina XXV y en planta y sección en la figura 160. La primera impresión que produce esta figura es la de una disposición que trata de economizar alturas según una idea preconcebida. Hay dos plantas superpuestas: la más importante presenta una altura casi igual a su anchura y la otra es todavía más achatada. Después, inmediatamente por encima, se coloca el arranque N de las pechinas de la cúpula.

Ganar altura, logrando el tiempo que el empuje de la bóveda central actúe lo más bajo posible es, evidentemente, el propósito que se persigue.

Veamos, a continuación, cómo se concibe el equilibrio de las naves laterales.

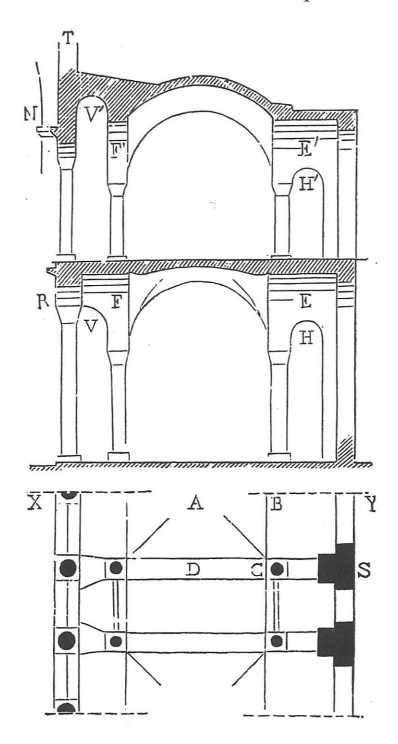


Figura 160. Naves laterales de Santa Sofía de Constantinopla

Las bóvedas principales A trabajan en la direccion AY, produciendo un empuje directo que se reparte sobre toda la longitud CB, y un esfuerzo local, que transmitido por los arcos perpiaños D, se concentra en C. Los empujes que actúan directamente sobre CB son absorbidos por los anchos arcos formeros E (sistema de la figura 151), y los que transmite el arco perpiaño D son anulados por los machones CS.

La combinación estática en la parte que da a la gran nave es, en el fondo, la misma, aunque bajo una forma más compleja. Lo que resiste la acción de las bóvedas A no es ya un sistema de anchos arcos formeros, sino una doble columna de bóvedas transversales V, V', cuya estabilidad está asegurada por la enorme carga vertical del tímpano T. La solución de estas bóvedas V, V', difiere de una

planta a la otra. En el nivel superior se disponen simples bóvedas de cañón que arrancan por encima de los formeros F'; en el nivel inferior, debido a la falta de altura, semibóvedas de cañón V, que penetran los formeros F.

En suma, el sistema de contrarresto de las bóvedas A es completamente interior. Al hacer que los formeros de contrarresto E, E', F incrementen el espacio cubierto y que los machones que los soportan tengan sus puntos de apoyo dentro del recinto, se aprovecha todo el espacio. El edificio permite comprender de un golpe de vista toda la economía de su equilibrio.

El efecto de esta construcción, donde se han sustituido casi todos los contrafuertes por bóvedas de contrarresto, es sorprendentemente atrevido. Atrevimiento, digamos así, un poco temerario y que estuvo a punto, en más de una ocasión, de comprometer la existencia misma del monumento. Tras el primer temblor de tierra, la cúpula, demasiado rebajada, y puede que insuficientemente estribada, se hundió y hubo que reconstruirla de modo que ejerciese menos empuje, es decir, con más altura.[2] Asimismo hubo que reforzar los arcos torales norte y sur, trasdosándolos con un macizo de relleno, alteraciones que pueden apreciarse comparando las dos mitades del dibujo en perspectiva de la lámina XXIV.[3]

Llegaron después las diferencias en los asientos. El terreno en que se habían cimentado los cuatro soportes de la cúpula se comprimió bajo la carga mucho más que el del resto de las cimentaciones, provocando que las bóvedas construidas entre estos soportes y los muros exteriores se deformasen con el movimiento, y que hubiera que estabilizarlas en su base por arcos que estrechaban las naves laterales (ver en la fig. 140, los arcos A). También el enlosado del gineceo sufrió en el interior una inclinación apreciable a simple vista.Y no hablo aquí más que de daños sobrevenidos en menos de la mitad de un siglo. En la actualidad Santa Sofía está completamente envuelta por los macizos de consolidación que periódicamente ha hecho falta acumular en torno a ella para preservarla de la ruina. Pero a pesar de las imperfecciones locales de su primera construcción, Santa Sofía ha permanecido en pie durante más de trece siglos presentándose todavía hoy como una de las más sobresalientes creaciones de la arquitectura. La concepción era demasiado original para realizarse de una forma irreprochable en el primer intento. A pesar de todo, la idea fue retomada por los arquitectos de la escuela bizantina, que se esforzaron sin cesar por rectificarla en lo sucesivo. La mejor

forma de discernir los aspectos defectuosos del modelo es compararlo con las copias posteriores.

La versión más antigua que ha llegado hasta nosotros, nos permite asistir a la rectificación de un doble error. En Santa Sofía de Constantinopla, los arcos torales A de la gran cúpula (ver fig. 159, más arriba) ofrecían una resistencia insuficiente y hubo que añadirles contrafuertes; solución indecisa, término medio molesto. Además, incumpliendo las reglas habituales, los arcos torales A se habían construido al exterior, de manera que se desperdiciaba la superficie ocupada por ellos. En Santa Sofía de Salónica (lám. XXIII, 2) los arcos torales son ya suficientemente resistentes como para no exigir ningún refuerzo, y trasladarse al interior.

En las mezquitas que los griegos levantaron en Constantinopla durante la época de la invasión otomana para sus nuevos señores, se retoma la planta primitiva de Santa Sofía más claramente todavía. Una cúpula con pechinas, contrarrestada en dos de sus caras por bóvedas de horno y en las otras dos por arcos torales, será el esquema básico seguido sucesivamente por el arquitecto de la Bayezit y por el griego Sinán que levanta la mezquita de Solimán.

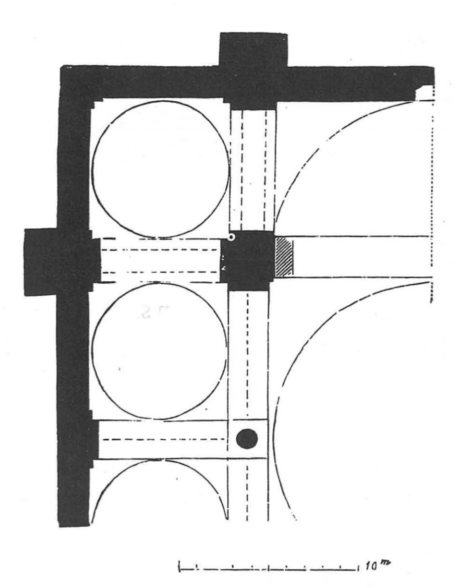


Figura 161. Mezquita de Bayezit, Constantinopla

La mezquita de Bayezit (fig. 161) no es, a decir verdad, más que una reducción muy simplificada de Santa Sofía; una réplica a menor escala, con naves laterales de una sóla planta.

En la Suleimaniye (fig. 162), la versión es más libre. Los grandes arcos torales pasan del exterior al interior, y los contrafuertes que vienen en su ayuda se elevan por gradas. Pero la Suleimaniye (terminada en 1560) va a ser uno de los últimos espacios con pechinas donde los medios de contrarresto difieran de una cara a la otra. Estribar una cúpula en dos de sus lados por arcos torales, y por semicúpulas en los otros dos, es una opción que se puede justificar por conveniencias de distribución; pero desde el punto de vista exclusivo del arte de construir es una anomalía que los constructores griegos no tardaron en abandonar. Una cúpula sobre planta cuadrada ejerce sobre sus cuatro lados esfuerzos iguales, que reclaman medios de contrarresto idénticos para sus cuatro lados: arcos torales o bóvedas de horno.

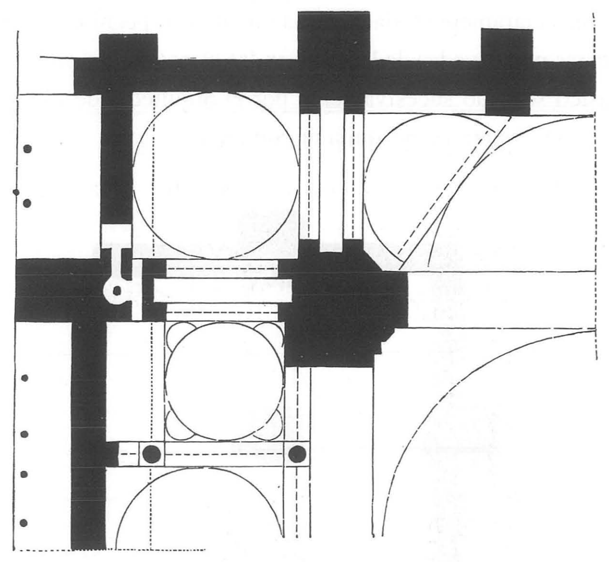


Figura 162. Mezquita de Solimán, Constantinopla

Los arquitectos continuaron considerando estos dos medios como buenos, pero nunca más los combinaron en un mismo edificio. La mezquita de Shah Zadeh, representada en la figura 163 y levantada todavía en vida de Solimán, consagra decididamente esta rectificación. Cuatro planos de cabeza, cuatro ábsides de contrarresto: así se resume la planta que, en lo sucesivo, servirá de modelo.

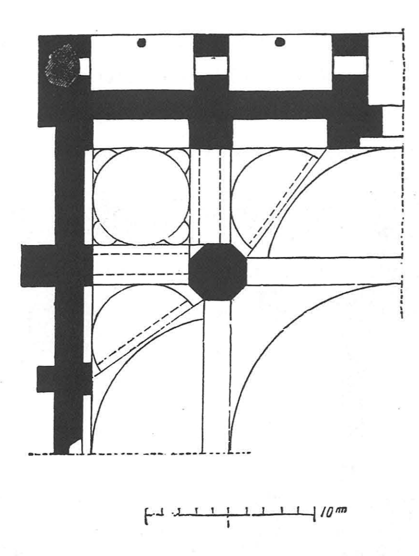


Figura 163. Mezquita de Shah Zadeh

Esta planta se reproducirá (fig. 164) en la mezquita de Ahmed con dimensiones parecidas a las de Santa Sofía; la volvemos a encontrar en la Validé Camii, etc.

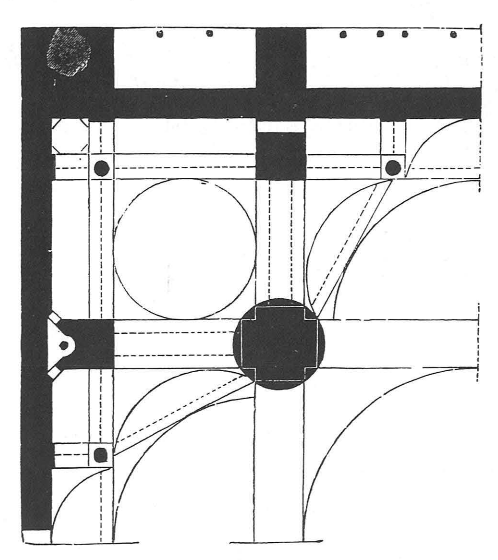


Figura 164. Mezquita de Ahmed, Constantinopla

Por último, se pensó en multiplicar el contrarresto repartiendo los empujes sobre ocho puntos de apoyo en lugar de cuatro, idea que conducía a reemplazar las pechinas por trompas. Esto es lo que llevó a cabo el arquitecto griego a quien Sélim II confía la gran mezquita de Andrinópolis. Damos en la figura 165 la

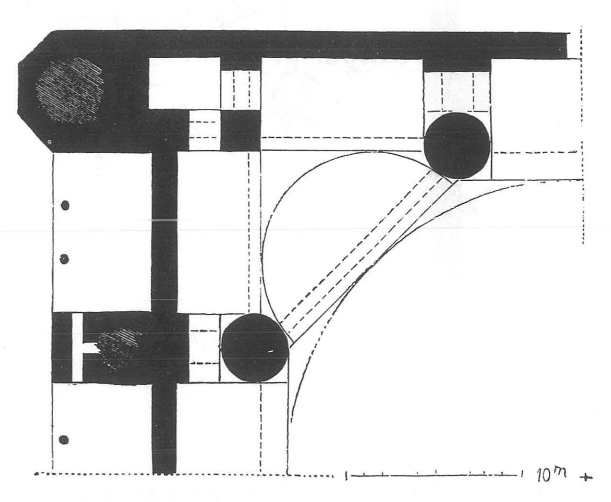


Figura 165. Mezquita de Andrinópolis, Constantinopla. Detalle de la planta

planta de este magnífico edificio, desarrollo de la última de las formas implícitas en la idea madre de Santa Sofía. A mi juicio, la evolución que venimos siguiendo muestra bastante bien la línea lógica que liga estas dos manifestaciones extremas de un mismo pensamiento.

13

Construcciones de madera

Sobre los antiguos métodos de la carpintería bizantina sabemos poco más que lo que podemos inferir a partir de los métodos tradicionales actualmente en uso. En consecuencia nos limitaremos a dar algunas indicaciones generales apoyadas con ejemplos.

En Oriente dominan dos tipos principales de carpintería. Uno, el tipo asiático, que se basa en el empleo de grandes piezas de madera que se sostienen por su peso y casi sin ensamblajes; y otro, el utilizado en Grecia o Tracia, que emplea piezas ligeras y ensambladas, cuyo equilibrio depende menos de su peso individual que de su mutua ligazón.

El primero, adoptado generalmente en las construcciones en madera de Asia Menor, viene a ser simplemente un juego de pesos, combinaciones de piezas portantes y de piezas portadas. Nada de esfuerzos oblicuos, sólo cargas verticales. Es, con otros materiales, el equivalente de la construcción adintelada; un sistema esencialmente simple con limitadas aplicaciones, cuyas características se pueden apreciar en la figura 166. El ejemplo que mostramos es un pórtico de doble planta, tal como puede hallarse actualmente en toda el Asia Menor, de tan larga tradición en estas regiones, que pórticos como éstos aparecen representados hasta en sus menores detalles en los relieves de las necrópolis de Licia,[1] con más de dos mil años de antigüedad.

Las actuales estructuras de madera del Asia Menor no admiten y, por consiguiente, tampoco las antiguas estructuras de la Licia, pieza inclinada alguna, ninguno de esos jabalcones o riostras con la ayuda de los cuales descomponemos las nuestras en triángulos indeformables. Todo lo más se limitan a asegurar la firmeza de los ángulos con zoquetes tales como el G o a reforzar una viga excesivamente cargada con zapatas B entalladas a media madera.

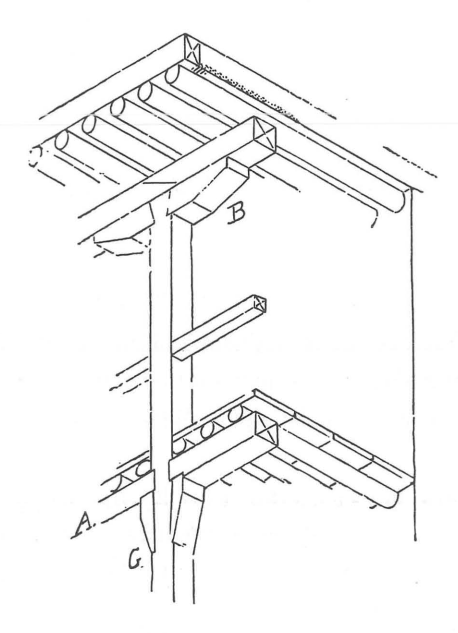
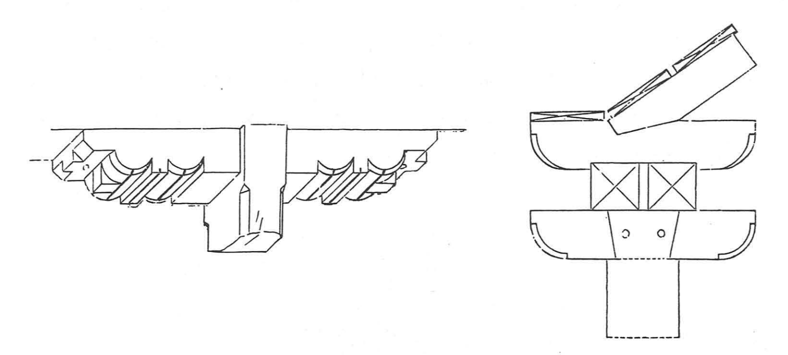


Figura 166. Pórtico de doble planta característico de Asia Menor

En Europa, las construcciones de madera adquirirían, por la introducción de piezas oblicuas, una fisonomía diferente. Sin embargo, los ensambles se asemejan a los asiáticos. Los ensambles usuales son poco numerosos: juntas a media madera, embarbillados, escopladuras... Las espigas no aparecen más que excepcionalmente, realizándose las combinaciones corrientes por medio de simples resaltos hechos con la sierra.

Algunas veces los maderos están adornados con festones, tales como los de las figuras 167 y 168. El primer ejemplo es de Zografos (Atos); el segundo está tomado de las construcciones del monasterio de Lavra.



Figuras 167 y 168. Detalles de carpintería. Izquierda, Zografos, monte Atos; derecha, monasterio de Lavra

La estructura de madera de la figura 169 corresponde a un forjado existente en el arsenal de Gregorio (Atos). La viga principal y las dos piezas inclinadas que la sostienen, trabajan en conjunto como tres dovelas de una verdadera bóveda. Esta disposición se emplea mucho en el monte Atos.

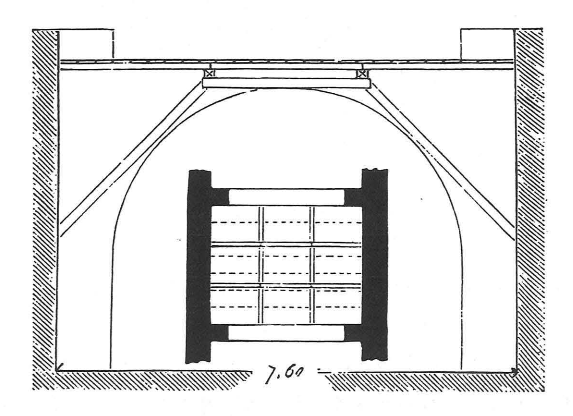


Figura 169. Estructura de madera de un forjado, en el arsenal de Gregorio (Atos)

Sólo la construcción bizantina de tradición europea conoce, hablando con propiedad, las armaduras. Veamos en qué se distinguen de las estructuras de madera actuales de Occidente.

Para nosotros (al menos desde el siglo XVII), la armadura de una techumbre se compone de cuchillos que la dividen en tramos, sobre éstos apoyan las correas que, a su vez, reciben los pares. Esta idea de que unas armaduras soporten elementos secundarios como las correas es absolutamente extraña a la tradición bizantina. Para ella cada dos pares forman una pequeña armadura independiente que transmite directamente a los muros el peso de la porción de cubierta que soporta (figs. 170 y 171). La estructura carece al mismo tiempo de limas y de pendolones. Los pares se ensamblan entre sí a media madera y, con el tirante, por un embarbillado. Las cuadernas de un casco de navío invertido darían una idea muy aproximada de esta disposición y de sus ensambles. De hecho, los griegos confiaban frecuentemente a los carpinteros navales la ejecución de estas armaduras; por lo que nada tiene de asombroso que aplicaran las combinaciones y procedimientos que les eran familiares.

Cuando los pares de las armaduras son de excesiva longitud y amenazan con flectar, se sostienen hacia la mitad con la ayuda de vigas inferiores de refuerzo tales como la S, que apoyan sobre determinadas armaduras más o menos espaciadas.

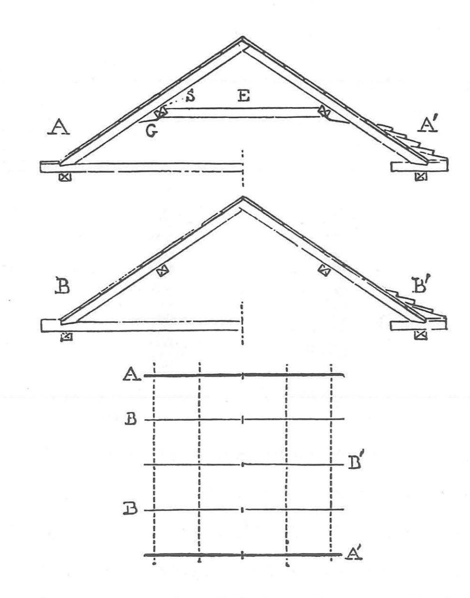


Figura 170. Armadura de pares con vigas inferiores (monasterio de Lavra, Atos)

El ejemplo de la figura 170, tomado del monasterio de Lavra (Atos), muestra su estructura: de las armaduras A o A' se suspenden vigas de refuerzo S, que apoyan sobre un zoquete G, mientras un puente E se encarga de mantener la separación. Entre dos armaduras A, o A', con vigas de refuerzo, se colocan, como indica la planta, tres armaduras más simples, bien conforme al modelo B, con tirante, o al modelo sin tirante B'.

La figura 171 ofrece una variante de esta disposición, aplicable a una luz de diez metros (pórtico de Simopetra, en el monte Atos). La idea general es la misma, todos los pares se apoyan en vigas de refuerzo S. Pero en esta variante las vigas de refuerzo se mantienen fijas en su posición por medio de contrapares F y de puentes E, que aparecen de tanto en tanto y desempeñan un papel equivalente al de las armaduras maestras en las construcciones actuales de Occidente.

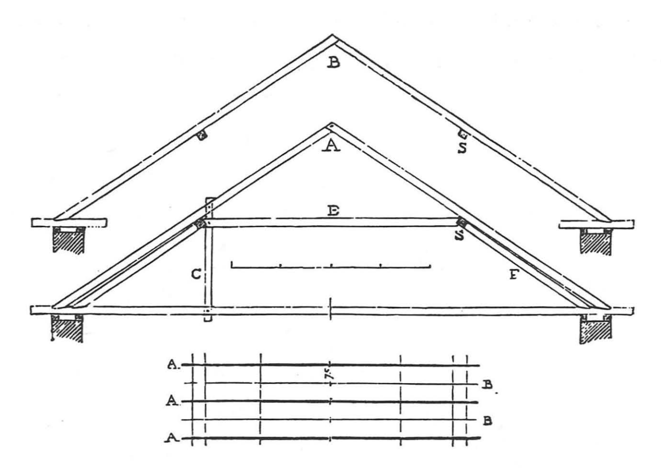


Figura 171. Armadura de madera del pórtico de Simopetra, monte Atos

Los bizantinos adaptaron las cubiertas de madera a plantas poligonales e incluso a plantas circulares. Aparentemente la cúpula de madera que cubre en Jerusalén la rotonda de la Sakhra se construyó bajo influencia griega. Aquí, también, todo se concibe según los principios de la carpintería naval. Cuadernas unidas por riostras horizontales forman toda la parte resistente de la obra.[2] Este modo de construcción, que exige sólo piezas de muy pequeño tamaño, se adaptaba per-

fectamente a las necesidades de un país donde escaseaba la madera para construir, y ésta debía ser traída desde muy lejos a un gran coste.

Esta cúpula de la Sakhra es doble; está compuesta por dos armaduras independientes que se encajan: la bóveda interior y el armazón que la cubre. Esta solución de añadir una cubierta a una bóveda sólo se produce excepcionalmente cuando la bóveda es de fábrica. En esta escuela de construcción cuyos métodos son, por otra parte, sorprendentemente parecidos a los de la arquitectura siria, sólo conozco los ejemplos de Rávena: San Vital y el baptisterio tienen sus cúpulas cubiertas por techumbres de madera. En ambos casos, la extrema ligereza de la fábrica no podía dejarse sin protección y obligaba a esta «repetición», que supone dar dos cubiertas a un mismo edificio. En cualquier otro caso, los bizantinos se decidían bien por una bóveda de fábrica o bien por un tejado de madera.[3] Cuando eligen la bóveda, reciben directamente sobre ella las tejas, las chapas metálicas o el revestimiento de protección. La supresión de las cubiertas de madera estaba consagrada por la práctica de los constructores romanos. Esta medida habría podido ocasionar, en climas lluviosos como los nuestros, la ruina rápida de las fábricas, pero bajo el cielo de Constantinopla o de Esmirna no suponía ningún peligro.

Para terminar, digamos unas palabras sobre las armaduras de las cimbras. Un elemento que los bizantinos usaban poco y cuya ejecución, en su caso, y a juzgar por lo que se deduce de los métodos tradicionales que perviven en la actualidad, era de una simplicidad verdaderamente rudimentaria.

Hoy en día, en Siria, las cimbras de una bóveda se componen de maderos horizontales enlazados por cuerdas a montantes ahorquillados, conjunto que se recubre con haces de cañizo y una capa de tierra arcillosa para compensar mal que bien las irregularidades de la superficie. Así se obtiene un soporte económico, pero al mismo tiempo flexible y deformable, que sería inadmisible si se buscase rigurosamente la perfección del perfil, y sobre el que no se puede construir salvo con especiales precauciones. Si el mortero fraguase antes de acabar completamente el trabajo, éste se agrietaría a causa de las flexiones de la cimbra. Para evitar este peligro se debe terminar la bóveda en una sola jornada. Se procuran tantos albañiles como lo permita la magnitud de la obra y se comienza ésta antes del amanecer, continuándose si hace falta una parte de la noche.[4] De esta manera los movimientos de la cimbra sólo actúan sobre fábricas todavía frescas, que se defor-

man sin agrietarse y que, cuando comienzan a endurecerse, la bóveda, cerrada en su clave, no tiene ya necesidad de soportes auxiliares.

Así se procede en la actualidad y así procederían en la época bizantina los obreros de Siria, ya que las bóvedas que nos han dejado presentan las mismas irregularidades que las construcciones actuales. Estos simples métodos de cimbrado se aprecian incluso en las ruinas romanas del Asia Menor: en Magnesia del Meandro he podido distinguir sobre el intradós de ciertas bóvedas antiguas la huella de las cañas que sirvieron para el revestimiento de las cimbras; en el teatro de Éfeso se emplearon como costillas rollizos aserrados, y en Nysa se construyeron largas bóvedas subterráneas sobre armaduras tan groseramente dispuestas, que su perfil (fig. 172) presenta incluso una curva discontinua. Igual ocurre con las obras orientales. Los primitivos procedimientos de carpintería provisional que vemos aplicados hoy día en las ciudades de Siria no se remontan sólo a los bizantinos o los romanos sino, sin ninguna duda, a las más viejas prácticas de la arquitectura de Asia.

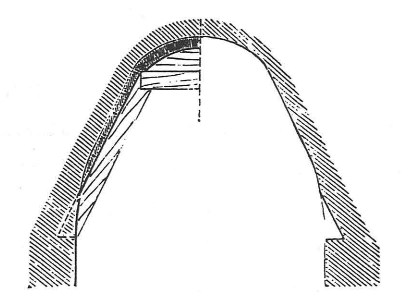


Figura 172. Cimbrado hipotético de una bóveda subterránea en Nysa

14

Ensayo histórico

Origen de los métodos

Existe la costumbre de fechar el origen del arte de construir bizantino en el siglo VI de nuestra era. Según opinión acreditada, Justiniano fue su promotor, Santa Sofía la obra inaugural y Antemio e Isidoro los ilustres arquitectos a quienes corresponde el honor de haberla creado. En realidad una arquitectura no nace así, en una fecha fija, con todos sus elementos plenamente desarrollados y dispuesta a ser consagrada por un maestro. Si éste hubiera sido el caso, las construcciones bizantinas anteriores a Santa Sofía no habrían dejado huellas, ruinas o textos, que nos dieran derecho a presumir su existencia. Por el contrario, hay indicios evidentes que nos autorizan a situar el origen del arte bizantino bastante antes de esta fecha. Ya en la arquitectura romana de Oriente anterior al siglo VI encontramos elementos que son característicos de su decoración y construcción; más aún, subsisten edificios donde todos estos materiales se muestran dispuestos al modo bizantino, donde el arte bizantino, en una palabra, aparece como preludiado por la aplicación anticipada de sus principios.

En primer lugar, hay que citar la tumba de Placidia (lám. XVII, 1), que pertenece sin duda al siglo V. Todo es bizantino: tanto la bóveda central, consistente en un casquete esférico sobre pechinas, como los arcos que la soportan que, embebidos en los arranques, sobresalen en la clave al modo bizantino (pág. 113); o el

simple relleno sobre el trasdós que, haciendo el papel de techumbre, recibe la cubierta. Lo mismo ocurre si consideramos sus aspectos decorativos, que se reducen, como en los monumentos bizantinos, a revestimientos de mármol o de mosaico, con el perfil de la cornisa interior tallado mediante un desbaste en bisel como único adorno en relieve. Rávena, que en el siglo V tenía un contacto continuo con Constantinopla, nos muestra cómo la influencia del Oriente ya se dejaba sentir cien años antes de San Vital.

Remontémonos más atrás. En Constantinopla, la cisterna llamada de las Mil y Una Columnas, que debe identificarse muy probablemente como el depósito construido por el senador Filosseno bajo el reinado de Constantino,[1] exhibía ya todas las técnicas bizantinas, con sus bóvedas levantadas como casquetes esféricos sobre pechinas construidas por hojas y sus capiteles del tipo bizantino más característico. La perspectiva de este monumento (lám. XIII, 3) revela claramente una fisonomía nueva, extraña al Occidente romano.

Otro ejemplo que comparte con el precedente los rasgos distintivos de la construcción bizantina es el de la cisterna que hoy se conoce como Yérè-batan-Seraï (lám. XIII, 1), que no es sino la en su día llamada cisterna Basílica fundada en el siglo IV por Constantino.[2] El hecho de que la mayor parte de los capiteles se presente en estado de desbaste sugiere que para suministrarle piedras talladas fue necesario interrumpir la construcción de suntuosos edificios, de una arquitectura todavía clásica. Esto sería acorde con los documentos transcritos por Eusebio,[3] según los cuales Constantino detuvo los grandes trabajos del Imperio para hacer que las columnas —las techumbres incluso— se empleasen en la terminación de su nueva capital. Hay ahí un paralelismo que, según parece, implicaría en sí mismo una fecha más temprana para el nacimiento del arte bizantino. Prosigamos.

Ya hemos citado el arco de Salónica que la tradición vincula al nombre de Constantino (lám. IV, 1). Sea o no de Constantino, en este monumento, al que por el estilo completamente romano de los bajorrelieves que lo decoran no podemos asignarle una fecha posterior al siglo IV,[4] se nos revelan ya procedimientos plenamente bizantinos, como la estructura por hojas de sus bóvedas y, sobre todo, la bóveda esférica que la corona.

También en el palacio de Diocleciano, en Spalato, podemos apreciar los principios y hasta las formas decorativas del arte del bajo Imperio. Una cúpula cons-

truida por trompas escalonadas presenta punto por punto el tipo de construcción que se repetirá en la tumba de San Demetrio. La lámina XIV permite confrontar estos dos ejemplos. Como precedente en cuanto a la ornamentación podemos citar el palacio de Salone, que prácticamente ofrece sólo perfiles en bisel recubiertos por bajorrelieves o bien molduras inscritas en un desbastado rectangular, detalles todos de carácter profundamente bizantino.

En Eleusis, un acueducto romano que atraviesa los propíleos de Appius nos ofrece una estructura por hojas completamente similar a la de las bóvedas bizantinas, figura 173.

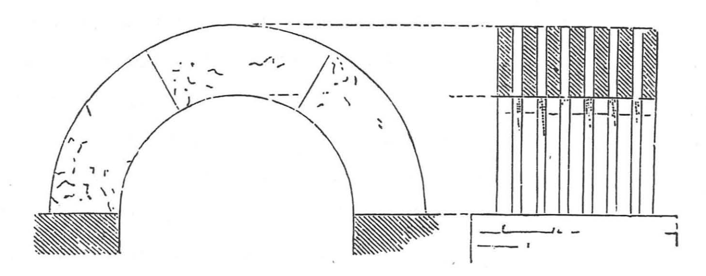


Figura 173. Acueducto romano en Eleusis

Se podrían multiplicar los ejemplos de ruinas que por su construcción, además de por su estilo, manifiestan la preexistencia de los principios bizantinos respecto a la arquitectura del bajo Imperio. El arte bizantino vivía desde la época romana al lado de la arquitectura oficial, y no esperaba más que el ocaso de las tradiciones clásicas para producirse con toda claridad y consagrarse en obras duraderas. Un proceso que tendría su paralelo en la lengua. Cuando el griego clásico cae en desuso, le sobrevive y reemplaza la lengua vulgar de los griegos que constituía, según todas las apariencias, un dialecto contemporáneo de aquél. El arte y la lengua tienen, en dos épocas muy diferentes, una suerte común, sufren una evolución similar.

Pero es fácil remontarnos en el tiempo más allá de la época romana y captar los rudimentos de la construcción bizantina incluso en las más antiguas civilizaciones de Oriente. Los asirios ya conocían la cúpula en sus dos variedades principales, la cúpula peraltada y la cúpula esférica, como se aprecia claramente por su representación en un bajorrelieve de Koyundjik.[5]

En la antigua Persia, a su vez, era de uso común la construcción por hojas, que puede observarse en los palacios de Servistán y de Firuzabad (monumentos que deben ser atribuidos a Aqueménides) y representantes, junto al arte importado de Persépolis, de la tradición y los métodos de una arquitectura nacional muy antigua.[6]

También en Asiria se practicó la construcción por hojas inclinadas, como lo prueba el acueducto del palacio de Sargón en Khorsabad.[7]

En Egipto se conocía el sistema desde la décimonovena dinastía. Las bóvedas de Rameseum están construidas con ladrillos de limo del Nilo (marcados con los sellos reales) dispuestos por hojas a partir del nivel en que los lechos radiales exigían una cimbra.[8] Las hojas, más inclinadas en su base que en su remate, presentan un grosor que facilita mucho el trabajo. Ni siquiera los bizantinos llegarían a aplicar nunca este procedimiento de una forma más racional, más metódica. E incluso, con un esmero que hace honor a la capacidad analítica de aquellos tiempos, las bóvedas sin cimbra más antiguas ya presentan perfiles peraltados extremadamente favorables a la adherencia de los ladrillos. Los perfiles egipcios y persas se aproximan mucho a la curvatura parabólica y el perfil del acueducto de Khorsabad es apuntado.

Cuando los bizantinos adoptan la construcción sin cimbras, ésta ya contaba pues, con más de dieciocho siglos de antigüedad. ¿Dónde había nacido; en Persia, en Asiria o en Egipto? Al menos es seguro que se trata de una solución exclusiva de estas tres culturas, y todo apunta a que sea a Persia a quien correspondería el honor. Las llanuras del Elam, habitadas por los pueblos más prósperos del mundo antiguo, sólo ofrecían la arcilla como material de construcción; estas arcillas eran, además, excelentes, e incluso sin cocción presentaban resistencia suficiente. No había madera, ni siquiera caña como la que suministra el Nilo, para fabricar las cimbras. Así, para disponer los bloques de arcilla directamente en el espacio, el modo de construcción sin cimbra era el único posible.[9] Si lo propio de las invenciones humanas es desarrollarse donde la necesidad impone sus condiciones, la cuestión del lugar de origen de este sistema no parece ofrecer ninguna duda.

El Asia Menor, con sus llanuras peladas, sufría de las mismas carencias pero no tenía los mismos recursos. No contando con las arcillas de Persia y de Egipto, que son piedras casi plásticas, se vió forzada a imitar tímidamente los métodos de construcción abovedada, sin poder utilizarlos para elevar edificios monumentales

hasta que se difunde allí el uso del ladrillo auténtico, del ladrillo endurecido al fuego.

Según nuestros conocimientos, nada autoriza a pensar que el ladrillo cocido fuese uno de los elementos constructivos habituales empleados en Asia Menor antes de la época romana. Más bien debió aparecer al mismo tiempo que en Roma, y su introducción a gran escala en los trabajos de la construcción no puede ser anterior a los últimos años de la República romana.

La fecha de esta innovación capital se deduce de los textos mismos de Vitruvio, o mejor todavía, de su silencio. Vitruvio, viejo arquitecto obstinadamente anclado en los métodos del pasado, no llega a pronunciar siquiera el nombre de lo que nosotros llamaríamos ladrillos. Se habla de construcciones donde interviene la tierra cocida pero tan sólo para aconsejar su empleo en forma de viejas tejas probadas por las heladas.[10] Para él la palabra ladrillo (later) no implica en ningún caso la idea de arcilla endurecida por el fuego, designando siempre en su tratado simples paralelepípedos de tierra o adobes; además cuando describe la fabricación de los «lateres»[11] les asigna un espesor que, similar al de nuestros mampuestos, les habría vuelto rebeldes a la acción del fuego y, más adelante, insiste en la utilidad de incorporar a la arcilla paja triturada, una práctica incompatible con la idea de la cocción. En otro lugar, al hablar de muros de ladrillo (lateritii parietes), su principal preocupación es definir la forma y los medios de preservar los materiales contra la acción disolvente de las lluvias. En suma, Vitruvio no conoce más que el adobe, el ladrillo no aparece todavía entre los materiales usuales. Será algunos años más tarde, cuando su empleo permita trazar en el espacio las bellas bóvedas de hormigón con esqueleto de ladrillo cuyas ruinas nos asombran. Este material pasa súbitamente de un papel borroso y accesorio a tener el papel principal. Gracias a su empleo, los sucesores inmediatos de Vitruvio realizarán una de las transformaciones más profundas del arte de construir.

He aquí pues, lo que supone para Occidente el empleo a gran escala de nuevos materiales: hacer posible la construcción de bóvedas con armadura de ladrillo. Fue una verdadera revolución, un movimiento comparable al que se ha producido al convertirse el hierro en uno de los elementos esenciales de la construcción moderna. La analogía es completa. Mientras para el arqueólogo el hierro se contaba entre los más antiguos descubrimentos de la industria, para el constructor sólo existe apenas desde hace medio siglo. Aunque desde siempre

ha servido como medio de refuerzo, no ha sido hasta hoy cuando ha pasado a ser la parte resistente, la estructura de los edificios. Su aparición con esta nueva función ha transformado ante nuestros ojos el arte de construir. Lo mismo ocurrió con el ladrillo de la época romana. Conocido desde la antigüedad más remota, no adquiriría el rango de material usual de la gran construcción hasta Augusto. Su introducción fue el punto de partida de toda la arquitectura de la Roma imperial.

En Oriente el ladrillo origina simultáneamente también una revolución que, sin embargo, toma una dirección completamente distinta. Su empleo permite constituir, a partir de los artificios de la construcción sin cimbra, un sistema que rivaliza con los ejemplos de Persia. Éste fue un recurso imprevisto que, sometido a la imaginación de los griegos de Asia, les permite crear paulatinamente su propia escuela romana de construcción oriental y después, la arquitectura bizantina, en la que las tendencias asiáticas se resumen como en su última expresión. Pero conviene, para contextualizar estos resultados dentro de la historia general de la sociedad romana, retomar las cosas desde el principio.

Hemos tenido más de una vez la ocasión de insistir en esta observación: nada era uniforme ni en el arte de construir, ni en las instituciones romanas. Cada provincia, cada ciudad tenía, tanto en lo tocante a arquitectura como en materia de organización civil, sus propios usos y tradiciones, que el poder romano respetaba. Roma, al introducir en las provincias de Asia este nuevo material, dejó que los maestros constructores asiáticos lo aplicasen a su modo, adaptándolo a los antiguos métodos de construcción por hojas. Asociación fecunda que determinó que, paralelamente a la corriente occidental de la construcción de hormigón sobre armaduras de ladrillo, se originase otra corriente de ideas llamada a renovar toda la arquitectura de Oriente. Gracias a este material, el sistema de bóvedas de hojas alcanzó un desarrollo inesperado. No temiendo ya el aplastamiento del material, pudo aumentarse la luz de las construcciones. El arte oriental, al ir subordinando sus detalles al nuevo método, llega a convertirse en una arquitectura aparte. Su desarrollo marcha parejo con el de la sociedad bizantina y su tradición pervive todavía en las regiones antaño sometidas al Imperio griego.

Queda por determinar en qué región del Oriente romano surgen las obras que dieron lugar al arte bizantino. Un examen de la propia constitución de esta arquitectura puede darnos la respuesta.

¿Qué es, en efecto, el arte bizantino sino una concepción mixta, donde los elementos son asiáticos o romanos y el espítitu eminentemente griego? El sustrato asiático se aprecia en el fundamento mismo de los métodos de construcción sin cimbra. La influencia romana se manifiesta, como acabamos de ver, en la propia naturaleza de los materiales adoptados. También se nota su huella en la sabia ordenación de sus planos para que todas las partes se contrarresten y se equilibren entre sí. Por último, en la fusión ingeniosa, un tanto sutil, de todos estos elementos, ¿quién no reconocería el genio griego?

Ahora bien, ¿en qué lugar del mundo antiguo pudo producirse este triple contacto entre el helenismo, Asia y Roma? Sigamos con el pensamiento la gran ruta comercial entre Asia y Europa e intentemos determinar algún punto donde se pudieran intercambiar tanto los productos como las ideas, donde el espíritu helénico hubiera podido amalgamar la aportación simultánea de estas dos civilizaciones. Este punto parece localizarse claramente en Éfeso y la costa de Jonia. Hacia allí afluían las caravanas desde las llanuras del Eúfrates, descendiendo por los vastos y bellos valles del Hermos y del Meandro.[12] Allí desembocaba también el comercio del Mediterráneo. La ruta directa que desde Roma se dirigía hacia Asia, en una travesía a base de etapas cortas, atravesando el Adriático hacia la altura de Corfú y transbordando en Corinto. Luego seguía la cadena de islas del Archipiélago, otras tantas estaciones procuradas por la naturaleza para unir Asia con Grecia, o lo que es lo mismo, Asia con Roma. Éfeso, situada en el encuentro de estas dos grandes corrientes, permitía la confluencia de las ideas y las riquezas de dos mundos. Si un arte nuevo debía nacer de su encuentro, la región de Éfeso estaba predestinada a servirle de cuna.[13]

Allí encontramos, en efecto, los más antiguos testimonios de esta fusión entre los procedimientos de Roma y de Asia. Las primeras basílicas cretenses de Éfeso, aunque todavía romanas en cuanto a las disposiciones de conjunto, son ya bizantinas por su estructura.

La iglesia de la Trinidad (fig. 174) es un curioso monumento de este período de transición. El trazado y las combinaciones de equilibrio del edificio podrían recordar la basílica de Constantino o las grandes salas de las termas de Roma. Pero en cuanto se desciende a los detalles de la construcción (lám. IV, 2) se distinguen tendencias extrañas al arte occidental, como es la utilización del sistema por hojas y sin cimbra.

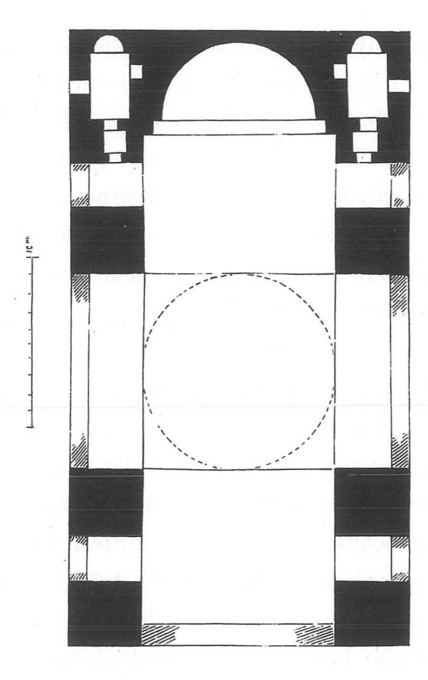


Figura 174 Iglesia de la Trinidad, Éfeso

Con el paso del tiempo el método bizantino se va a ir superponiendo a los tipos de la arquitectura clásica hasta terminar por transformarlos. La iglesia llamada de los Siete Durmientes (lám. III, 2), una bóveda construida sobre una hondonada que sirvió de sepultura a los primeros cretenses de Éfeso, es un importante ejemplo de esta «fusión» en los comienzos de la historia del arte bizantino. El edificio tiene un aspecto romano, que queda confirmado por la acentuada fisonomía antigua del muro piñón que la remata y del revestimiento de estuco, que parece haber salido de las mismas manos que han decorado las catacumbas romanas. Ahora bien, la estructura de este monumento, al que por su edad podemos considerar romano, es enteramente bizantina. Bóvedas de cañón, intersecciones, todo está ejecutado por hojas y sin cimbra.

No lejos de Éfeso, en la localidad de Magnesia del Meandro, encontramos un gran edificio con bajorrelieves paganos claramente anteriores al reinado de Constantino, que ya contiene varias cúpulas sobre pechinas. La figura 175 da la planta general del monumento y el diseño de una de sus bóvedas.

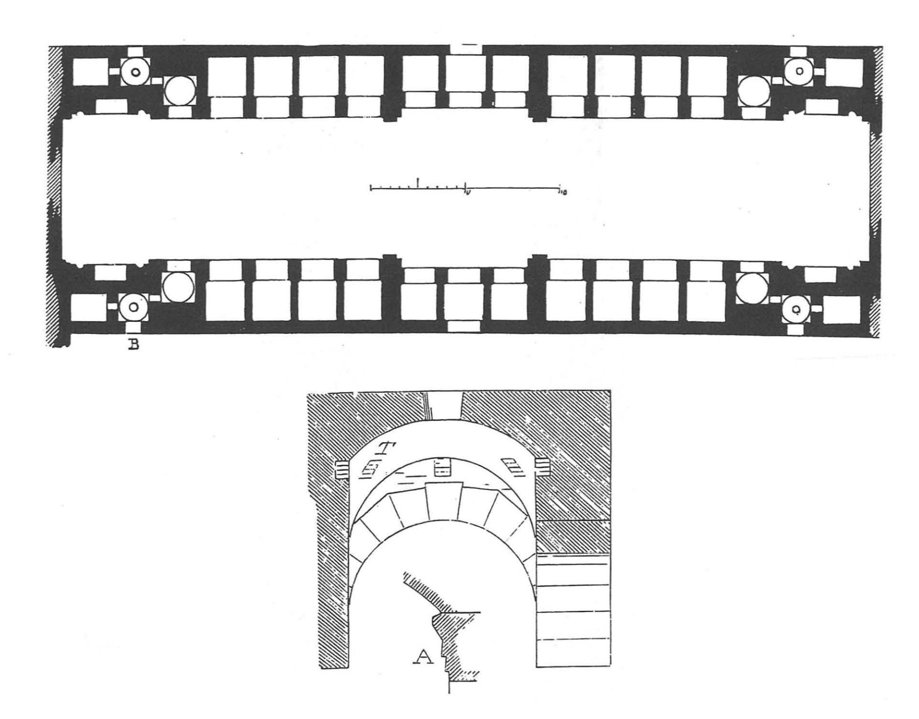


Figura 175. Magnesia del Meandro. Planta general y detalle de una de sus bóvedas

En esta misma ciudad de Magnesia hemos descubierto un casquete esférico rebajado (lám. XIII, 2) construido por hojas a la manera bizantina, que por encontrarse en el recinto antiguo, podemos suponer que fue levantado en la época del alto Imperio.

Traslademonos al valle del Hermos. En las ruinas de Alasehir (la antigua Filadelfia) encontramos una cúpula oriental adaptada al esquema general de la basílica romana. La figura 176 muestra la planta del edificio que resulta de esta asociación; la lámina XVI, 1, permite apreciar el carácter bizantino de las bóvedas que la cubren.

En Sardes hay monumentos del mismo estilo que la basílica de Alasehir, donde se nos muestran huellas de esta fusión que tiende a producirse entre las arquitecturas de Roma y de Asia. La bóveda de la lámina XVI, 3, cubre al modo bizantino una sala rectangular de 12,50 m × 18,20 m, cuyos muros miden 3,10 m de espesor, y que sirve de vestíbulo común a dos galerías, todo ello de proporciones completamente romanas.

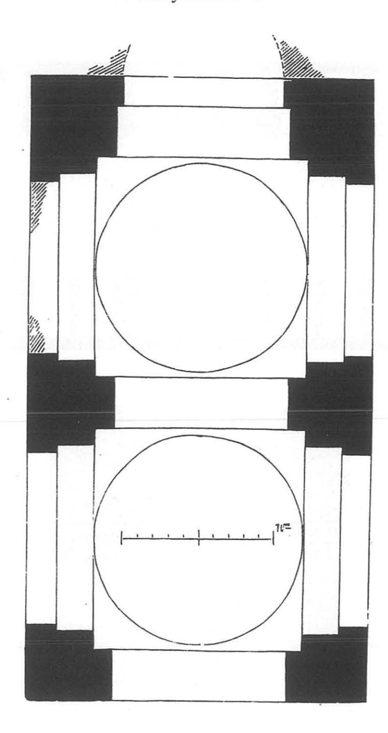


Figura 176. Ruinas de Alasehir, antigua Filadelfia

San Jorge de Sardes nos ofrece otra prueba de esta tendencia a conciliar plantas romanas y métodos orientales. En la figura 177 se muestra la disposición de sus bóvedas, que la lámina XVI, 2, ofrece en detalle. Tiene interés comparar su planta con la de otro edificio de la misma ciudad que parece de la misma época, la iglesia de San Juan (fig. 178). En San Juan de Sardes, la planta, la estructura, todo es romano. En San Jorge (fig. 177), toda la estructura de las bóvedas es ya bizantina.

Inútil es multiplicar los ejemplos que ilustran el inicio de un período de transición. Pero, ¿estaremos en lo cierto localizando su origen en esta región cuyo centro intelectual era Éfeso; o bien se debe considerar como un proceso que se prepara y se anuncia a la vez en todos los puntos del Oriente romano? Hay que distinguir aquí si nos referimos a los elementos constructivos o a los que atañen a la ornamentación. Si entendemos el arte bizantino como el resultado de la incorporación de elementos asiáticos a la arquitectura romana, habría que pensar en la

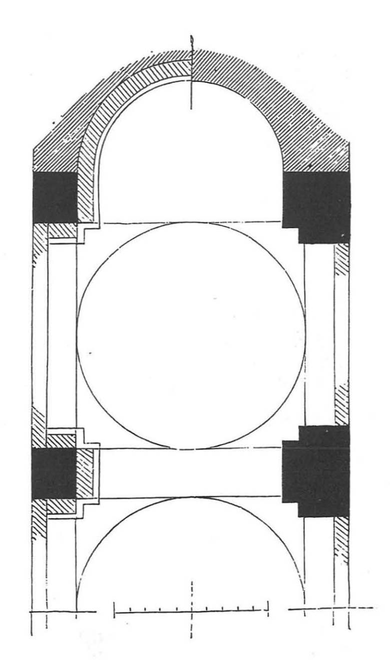


Figura 177. San Jorge de Sardes

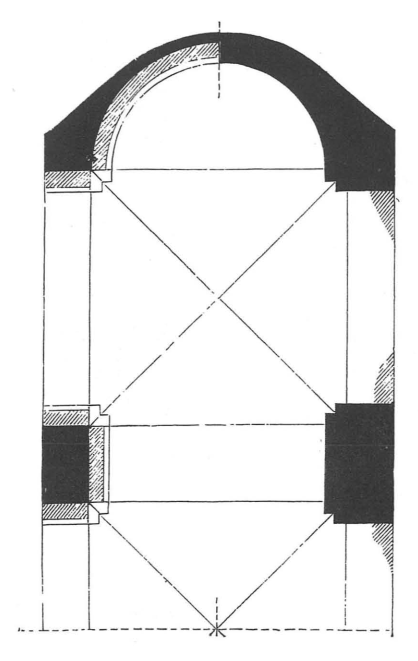


Figura 178. San Juan de Sardes

influencia de la costa siria que, después de la de Jonia, es el gran depósito del comercio de Oriente con Roma y que presenta también una situación geográfica favorable. Esta influencia se da en efecto, pero circunscrita ante todo al aspecto decorativo del arte, siendo la decoración esculpida su más notable aportación. Desde hace mucho tiempo se ha comparado con la escultura bizantina, la escultura judía de la Tumba de los Reyes o de las puertas del Templo, o incluso la escultura greco-siria de las ciudades del alto Orontes.[14] Pero en lo tocante a la forma de construcción en sí de los edificios y, especialmente al uso de un sistema de bóvedas, no hay nada que el arte de Siria pueda reivindicar o atribuir a su influjo. La construcción bizantina tiene como punto de partida la bóveda sin cimbra, que implica esencialmente el empleo del ladrillo. Ahora bien, ¿qué pasa con un sistema de construcción concebido en ladrillo cuando se desarrolla en la región tal vez más rica en piedra que existe en el mundo? Las cúpulas sirias, como las de Gerasa o Jerusalén (lám. XV), no responden, sino muy de lejos, al espíritu de los métodos bizantinos. Penosamente construidas sobre cimbras, son copias en piedra

de bóvedas imaginadas en otros materiales. En Siria central, los arquitectos sustituían las pechinas por piedras colocadas en chaflán o bien, como se ve en el pretorio de Musmiye, reemplazaban la cúpula sobre pechinas por la bóveda de rincón de claustro; eludían un problema que los bizantinos siempre afrontaron de forma directa.

En definitiva, no existe fuera de esta región occidental del Asia Menor antes del bajo Imperio ningún otro lugar donde se desarrolle el concepto de la construcción abovedada sin cimbra, donde dé comienzo la solución encadenada y lógica que culmina en el arte bizantino. Todo lo que encontramos fuera de ella es un arte importado, configurado a partir de uno previamente constituido. Solamente aquí se observa en su germen y expansión. Es desde aquí desde donde se irradia al resto del Imperio griego, lo que explica que el día en que Justiniano concibe la idea de Santa Sofía, sólo Jonia le pueda proporcionar los arquitectos capaces de llevar a cabo un proyecto tan vasto: Tralles le da a Antemio y Mileto, a Isidoro. Encuentro singular, que reporta el más bello ejemplo del arte bizantino al mismo país en que este arte había nacido.

El desarrollo de la construcción bizantina y las escuelas locales

La fundación de las grandes basílicas de Asia Menor, las de Filadelfia y Sardes, se produjo durante la etapa en que el Imperio reconoce el cristianismo, fecha que por tanto podemos acotar dentro del intervalo de diecisiete años (313–330 d.C.) que transcurren entre el Edicto de Milán y la creación de Constantinopla. No es fácil describir el aire de grandeza impreso en estos viejos edificios cristianos, fruto de un arte que no ha roto definitivamente con las tradiciones del alto Imperio. Pese a que las bóvedas están construidas según principios nuevos, las vastas disposiciones que adopta el monumento en su conjunto, sólo posibles con una urgente acumulación de mano de obra y de material, atestiguan la aún todopoderosa fuerza romana.

Pero será durante la construcción de la ciudad de Constantinopla cuando súbitamente desaparezca ese carácter. Por primera vez el Imperio se encontraba con limitaciones en los medios materiales disponibles, engulliendo los recursos de Oriente en esta empresa sin precedentes para la que no se encuentran incluso suficientes arquitectos. «Nos faltan maestros de obra,» escribe el Emperador en el

preámbulo de una ley, «hacen falta los más posibles, y escasean.»[15] Confesión oficial de la extraña escasez que va a condenar al arte a una vuelta atrás y a devolverlo bruscamente al punto donde se encontraba en los últimos tiempos de la República romana. La construcción abovedada —que parece ahora demasiado costosa y demasiado lenta para responder a la impaciencia del Emperador y al agotamiento del Imperio— se reemplaza sistemáticamente por simples techumbres de madera. Se sacrifica el aspecto monumental y el tiempo de ejecución en aras del cálculo político que fuerza a improvisar una capital, y se vuelve sin reservas al tipo de la basílica primitiva: la iglesia constantiniana de Santa Sofía, la obra más suntuosa de la nueva ciudad, no es más que una basílica cubierta por un artesonado; la iglesia de los Santos Apóstoles, destinada a sepultura imperial, una simple basílica; Santa Irene, también otra basílica. Construcciones ligeras, que los sucesores inmediatos de Constantino dejarían caer en ruinas.[16]

El arte mitad romano, mitad asiático, de Filadelfia o de Éfeso no podía sobrevivir a esta crisis sin modificarse y apartarse cada vez más del carácter romano. Los constructores, que hasta entonces habían confiado en la simple cohesión de las fábricas de sus bóvedas, cesaron poco a poco de considerarlas como monolitos artificiales, buscando en la combinación de empujes un nuevo principio de equilibrio: por primera vez, y en contra de los hábitos romanos, intentaron reducir el peso de sus bóvedas. También renunciaron al trazado clásico, de intersección, de la bóveda de arista, pasando a adoptar el perfil peraltado, tan favorable a la estabilidad y tan fácil de construir con los procedimientos de ejecución por hojas, e intuyeron por sí solos originales disposiciones en planta desconocidas en la antigüedad. De este modo acabó por constituirse la arquitectura bizantina.

Ignoramos los avatares de esta evolución del arte de construir bizantino hacia su forma final, pues los monumentos que podrían describir el camino dejan el campo demasiado abierto a las conjeturas. Lo que al menos sabemos es que en el siglo VI la evolución ya se había completado. Para entonces ya se habían fijado todos los métodos constructivos y concebido todos los tipos de edificios, que se aplicaban a la vez, sin exclusión, sin preferencias. La planta poligonal, citada ya en los escritos de Eusebio y de San Gregorio Nacianceno,[17] renace en San Sergio y en San Vital. La planta basilical surge en la iglesia de la Madre de Dios en Jerusalén y la planta en cruz, con cinco cúpulas, en la reconstrucción de la iglesia de los Santos Apóstoles. Aparece la bella disposición de Santa Sofía y, por último,

en Santa Sofía de Salónica nace el tipo de iglesia con cúpula central que encontramos en distintas variantes en todas las iglesias del monte Atos y de Grecia. Nunca el arte de construir se había mostrado más libre, más variado y más fecundo.

Pero el período de fertilidad dura poco y el arte, agotado por este gran desarrollo del siglo de Justiniano, se duerme rápidamente en el formalismo repetitivo. Todavía habría en el siglo IX un fugaz despertar durante la momentánea prosperidad interior que trajo la dinastía macedonia al Imperio griego.[18] Fue entonces cuando se construyó la gran iglesia de Palais, tan magníficamente descrita por Fotio. Por lo demás, este momento de resplandor no iba a aportar ninguna idea nueva. Tan es así que desde el siglo VI al IX apenas si se produjo alguna modificación en las proporciones de los edificios, consistente meramente en la sobreelevación del tambor calado que sostiene la cúpula para darle más ligereza. Esto se hizo posible tras una larga práctica y, posiblemente, gracias a una mejor comprensión del mecanismo de encadenado. El mérito de la constitución del sistema bizantino de construcción correspondía en definitiva al período precedente. Después se había de entrar de nuevo en un período de estancamiento, tan completo, que para discernir los matices que diferencian una iglesia como la de San Bardias de Salónica, que data ciertamente de esta época, de las iglesias que se construyen hoy día en el monte Atos, hace falta toda la atención de un arqueólogo.

¿A qué se debe esta persistencia obstinada de los mismos procedimientos, de las mismas formas? Hay que reconocer que es algo inherente al carácter griego. También el arte clásico había pervivido hasta su extrema decadencia basado, inmutable, en las leyes seculares de Pisístrato y de Pericles. Pronto aparece otra influencia, la misma que antaño había tocado de esterilidad la arquitectura de Egipto: la influencia hierática. En el siglo VIII, en el segundo concilio de Nicea, aparece la doctrina de la sumisión absoluta del artista a los tipos tradicionales.[19] Y, por último, el arte sufre la repercusión de las miserias del Imperio griego. Estamos en los tiempos en que le amenaza el islamismo, en que las tropas occidentales de cruzados van a asolarlo, sea como aliados, sea como enemigos. Sin duda alguna, no es éste el medio más propicio para el crecimiento de la arquitectura, a la que no queda más alternativa que vivir del caudal de su pasado o recurrir a tomar prestado de otras. Pero esto último no ocurrirá. En vano los cruzados atraviesan el

Imperio en todos los sentidos, ya que los griegos no aceptarán nada de los métodos occidentales, ni siquiera la forma del arco apuntado que, sin embargo, se asocia con tanta frecuencia a los principios de su arquitectura y que los árabes adaptaron con tanto éxito. Los detalles del arte de construir bizantino, así como el trazado de las plantas, todo está consagrado por la tradición y en lo sucesivo es inmutable.

Pero antes de definirse, el arte bizantino había adquirido en cada provincia una fisonomía propia, se había hecho local. Si en la historia sin cronología de su último período no existe propiamente una sucesión de tipos, se da al menos una diversidad de escuelas que merece la pena indicar.

Hubo diferencias de estilo y de procedimiento. Si atendemos a las diferencias de estilo, veremos que una iglesia del Ática se distingue siempre de una iglesia coetánea perteneciente a la escuela monástica del monte Atos, por su proporción más esbelta y su estilo más elegante. Es como si comparásemos una catedral francesa del siglo XIII con un monumento del siglo XII. Sólo dos edificios bien conocidos, la vieja iglesia metropolitana de Atenas y la capilla de Lavra o de Vatopedi, guardan a mi juicio cierta semejanza. También podemos hablar de una escuela siria caracterizada por la planta basilical y el arco de herradura.[20] Escuela, cuya influencia se siente en la Gran Mezquita de Damasco hasta en la disposición general y el trazado de las arcadas (lám. XXI, 1).

Las diferencias de escuela se hacen más visibles cuando consideramos los procedimientos constructivos. Puesto que el método de construcción de bóvedas por hojas sólo exige ladrillos y mortero de una calidad normal, podía en principio haberse practicado en cualquiera de las regiones del Imperio que dispusiera de ellos. Sin embargo, este método está muy lejos de haber gozado de un favor universal. No he encontrado una sóla bóveda de cañón construida por hojas entre los monumentos de ladrillo que cubren la península del Atos. En la propia Grecia tan sólo conozco el caso de un grupo de cisternas bizantinas situadas en la Acrópolis de Atenas. Por otra parte, si se pasa a Siria, no creo que pueda encontrarse ningún ejemplo de bóveda por hojas. En definitiva, este tipo de construcción es característico de Constantinopla y de Asia Menor.

En cuanto a la construcción de bóvedas de arista podemos distinguir también diferentes escuelas. La solución normal es la bóveda de hojas, cuyo intradós es una superficie de revolución que tiene como directriz una curva diagonal en forma

de arco de circunferencia (ver más arriba, pág. 52). Pero este tipo no es inmutable y tiene sus excepciones locales. Así en el monte Atos, donde no era habitual emplear las bóvedas de arista, las pocas que hay se obtienen por la intersección de bóvedas cilíndricas (pág. 50). En Grecia, donde la bóveda de arista es también muy rara, cuando aparece se presenta en forma de bóveda peraltada construida por hiladas regulares, con una sección diagonal y arcos de cabeza sensiblemente circulares (pág. 28). Su estructura es, con diferentes materiales, la misma de la bóveda siria. Así, aunque en Grecia, en Dafni por ejemplo, el material empleado sea el ladrillo y en Siria el sillarejo, el modo de empleo es el mismo.

Las diferencias de construcción de las cúpulas tienen una distribución geográfica análoga. Mientras en el monte Atos, casi todas las bóvedas esféricas se construyen por hojas anulares (pág. 61), en el resto de la Turquía europea y en el Asia Menor, su ejecución se reparte entre los dos sistemas, por lechos o por hojas.

También se dan diferencias en la distribución de las bóvedas esféricas sobre trompas (cap. VI) que, muy frecuentes en la península griega y Siria, no se encuentran a mi entender en el resto del territorio bizantino más que en contadas aplicaciones, apareciendo en Constantinopla sólo durante la dominación otomana. Por su parte, las bóvedas sobre pechinas en piedra tan curiosamente aparejadas de Gerasa y Jerusalén (lám. XV), parecen constituir un tipo exclusivo de Siria.

Por último, el empleo de cerámicas dispuestas en espiral o colocadas como dovelas (pág. 72) no aparece más que en los edificios bizantinos del Exarcado, y no ha dejado apenas tradición fuera de Palestina.

Sería fácil prolongar la lista de diferencias. Simplemente nos hemos limitado a dejar constancia de ellas. Lo que nos queda ahora por investigar es la causa de esta curiosa diversificación, que de ningún modo cabría atribuir únicamente a la variedad de materiales puestos en obra, pues vemos constantemente usar los mismos materiales: mortero y ladrillo.

La verdadera explicación es la misma que justifica la presencia de distintas escuelas en el arte del alto Imperio. Reside en el carácter totalmente particularista de la organización local de las provincias y las ciudades del Imperio griego. « Del mismo modo que los diversos pueblos tienen sus costumbres propias, escribía un emperador del siglo X, así también deben tener sus reglamentos aparte y su organización individual; deben conservar los caracteres que los distinguen.»[21] En esta frase se resume el origen y el sentido del hecho que estamos analizando. La diver-

sidad de métodos es ante todo un reflejo de la libertad otorgada a diferentes grupos de la población para darse su particular organización interna, lo que nos va a conducir seguidamente a considerar la arquitectura del bajo Imperio bajo un nuevo aspecto, el de sus relaciones con la constitución interna de la sociedad bizantina.

15

El arte de construir bizantino y las clases obreras

Los griegos nunca aceptaron, ni siquiera cuando la autoridad de Roma sobre ellos había adquirido su máxima expresión, que el arte de construir borrase de los edificios la huella individual del obrero para dejar únicamente que se manifiesten la idea dominante que concibe y la fuerza organizada que ejecuta. Los monumentos romanos de Asia son, a este respecto, testimonios vivos que es preciso examinar antes de estudiar las inscripciones y las crónicas. Tomo al azar entre sus ruinas un ejemplo, la antigua columnata de Soles. Nunca, ni en el arte occidental de la Edad Media, se ha realizado un conjunto arquitectónico de una forma más caprichosa y más libre, donde la decoración carezca hasta tal punto de uniformidad. El orden corintio domina, es el tema, por así decir; pero las variaciones son innumerables. Los capiteles compuestos se mezclan sin ley aparente con los clásicos. Aquí las hojas están alabeadas y torcidas como las ramas de un acanto que flectase por el viento; más allá las volutas de ángulo son reemplazadas por águilas, máscaras o estatuillas. Si una columna es enteramente lisa, la otra tiene su fuste acanalado. Sólo las dimensiones globales concuerdan entre una y otra, como si el arquitecto se hubiera contentado con determinar los rasgos generales, dejando el resto al gusto de quienes trabajaban bajo sus órdenes.

Sin embargo, la perfecta igualdad de estilo que domina toda la obra atestigua que la falta de homogeneidad no se debe a restauraciones o intervenciones.[1] Esta aparente anomalía en realidad expresa la peculiar condición del obrero romano

de Oriente. Aquí, el obrero ya no es un instrumento pasivo, obediente, privado de toda iniciativa y de toda responsabilidad, sujeto a la dirección de sus maestros de obra. Se le trata como una fuerza inteligente que puede dar rienda suelta a su libertad, incluso, a su fantasía. Cada escultor labra en piedra los adornos según su propio gusto; el arquitecto deseaba que el obrero pudiera dejar su impronta, que pudiera atribuirse el honor de su intervención en ella. Esto muestra un profundo conocimiento del carácter griego. En realidad, el temperamento griego apenas difiere del nuestro, y los arquitectos romanos, como hicieron nuestros arquitectos medievales con sus canteros, permitían a sus obreros terminar a su manera los ornamentos que debían esculpir.

Desde cualquier punto de vista que se observen los métodos orientales del alto Imperio, se descubre esta tendencia del temperamento griego a permitir la expresión individual. Considérese cuánto se transforman los procedimientos de la construcción de hormigón para acomodarse a Oriente. En lugar de aquellas bóvedas de hormigón, donde el trabajo intelectual se reduce en la medida de lo posible, ¿qué encontramos? Por todas partes combinaciones que tienden a suprimir las cimbras, complicando si hace falta la ejecución por parte de la mano de obra. Un sistema donde la disposición de los materiales lo es todo; sistema elegante, ingenioso a veces hasta la sutileza; de origen asiático, pero esencialmente en armonía con los instintos y las aptitudes propias del carácter griego.

Esta especial valoración del obrero griego, la apreciamos hasta en la diferente forma en que los romanos y los bizantinos retribuían sus servicios. Es cierto que el pago a jornal se practicaba en Oriente, como de hecho da fe la tarifa de Diocleciano,[2] pero el pago a destajo era mucho más usual que en el resto del Imperio. En este caso la prueba escrita, por así decir, se encuentra en cada una de las piedras de las construcciones inacabadas de Oriente, en las marcas de los obreros u obreros a destajo.

El primer monumento donde he podido observarlas es un lienzo de muralla en Salónica, construido con el expolio de las ruinas de un teatro. Sobre cada piedra se aprecia un monograma que, en ocasiones, se repite en una serie de bloques. La escritura, descuidada, hace que acá y allá las letras se presenten invertidas de abajo a arriba. Algunos ejemplos bastarán para caracterizar estos signos,[3] figura 179.

+ΕΛ <ΙΙ ΚЄ ΚϹ

Figura 179. Marcas de cantero en el teatro de Salónica

Todas estas marcas, grabadas sobre las caras talladas, estaban destinadas a desaparecer bajo el revoco, lo que justifica que sólo busquemos ejemplos análogos en los edificios inacabados, donde los materiales están todavía en estado de desbaste.

En un primer momento tuve estas letras por marcas de colocación. Pero un hallazgo afortunado vino a revelarme cuál era su verdadero propósito. He encontrado, sobre dos bloques diferentes, la inscripción siguiente:

ΘΛЄϹ ЄΡΓ

Que debe leerse, θλεσ...[ου] ἔργ [ον], es decir, Obra de cierto cantero cuyo nombre comenzaba por las letras θλες.

Además he recogido esta designación:

ΗΛ[illegible]ΟΥ

Esta vez el nombre propio estaba escrito entero. Sólo quedaba por transcribir el término ἔργον. No podía existir a partir de este descubrimiento la menor duda sobre el significado y la finalidad de estas abreviaturas. Eran firmas que los obreros dejaban para poder ajustar su salario y que estaban destinadas a desaparecer tras el repaso definitivo de los paramentos.

Estas marcas singulares, donde la personalidad del obrero griego se afirma de forma tan inesperada en plena civilización romana, vuelven a encontrarse después en la mayor parte de los edificios inacabados que he podido estudiar en Oriente: en el teatro de Nicea, en el de Aezani, sobre las piedras de distintas procedencias con las que está construido el acueducto de Éfeso, etc. Por el contrario, en Occidente apenas se encuentran algunos ejemplos aislados, ya que este modo de recuento era poco conocido entre los pueblos galorromanos. En Pompeya lo

practicaban aún los griegos, pero en Roma, según deduzco por la falta de indicios, debió ser muy raro.

Sea como fuere, la costumbre se perpetúa en Oriente durante el período bizantino. Se puede decir incluso que su práctica llega a ser la norma. Sólo en la ciudad de Constantinopla he recogido más de setecientas marcas de obreros o contratistas a destajo, bizantinos. Todas las piedras de la cisterna de las Mil y Una Columnas están firmadas, como también lo están las que forman el revestimiento decorativo de Santa Sofía. Hay siglas del mismo tipo en San Sergio, en la iglesia de San Juan, etc. He aquí, a modo de ejemplo, dos series de marcas recogidas, una en la cisterna de las Mil y Una Columnas, la otra en Santa Sofía de Constantinopla:



Figura 180. Marcas procedentes de la cisterna Binbirdirek



Figura 181. Marcas procedentes de Santa Sofía[4]

Tal es la fisonomía de estas marcas bizantinas. El modo en que se reparten sobre los diversos elementos de los edificios evidencia de manera bastante clara cómo entendían los bizantinos la distribución del trabajo en una obra.

El principio dominante en la organización de una obra romana era el que hoy llamaríamos principio de la división del trabajo, nunca aplicado tan implacablemente como durante el alto Imperio romano, cuando cada obra contaba con tantos talleres distintos como operaciones diferentes se planteasen. En cambio, en una construcción bizantina no había ningún esquema de organización semejante. Se lee a veces un mismo nombre sobre los fustes, los capiteles o los bloques simplemente cortados. El obrero que firmaba ΥΚΝ surtió por su cuenta a la cisterna de las Mil y Una Columnas con 21 capiteles, 19 tambores grandes y 117 tambores pequeños. Nada indica que el maestro de obra hubiera tenido en mente asignar a tal o cual obrero un trabajo determinado. La división metódica de atribuciones habría cesado con el alto Imperio, y puede ser incluso, que desde siempre hubiera estado confinada dentro de los límites del Occidente romano.

En el resto de Oriente acontece igual. Hoy todavía sorprende la ausencia de división del trabajo en la construcción oriental. La manera como se dirige habitualmente una empresa de construcción en Macedonia, donde he contemplado la situación más de cerca, es la siguiente: El propietario elige un maestro de obras que toma en la obra el nombre de πρωτομαΐστωρ. Este arquitecto reúne improvisadamente como ayudantes un cierto número de maestros (μαΐστορες) y obreros del gremio, que serán los que trabajen sin distinción ya, en la excavación de los cimientos, en la construcción de los muros, o en la estructura de madera de los tejados. Sólo los trabajos de forja y de carpintería de taller se reservan a artesanos especiales. Parece como si la idea de una distribución sistemática del trabajo fuese extraña al entendimiento oriental. La simplificación que buscaban los griegos en los artificios técnicos más o menos ingeniosos, parecen no haber tenido nunca su contrapartida en el reparto calculado de los recursos humanos.

He pronunciado las palabras, maestro y gremio, que aluden a instituciones que merecen un examen más detenido. Los artesanos griegos estaban, al igual que los de Occidente, afiliados a corporaciones que se han perpetuado hasta nuestros días, de modo que el entender su constitución actual nos ayudará a comprender lo que ocurría en otro tiempo.

Las peculiaridades de la vida de estas corporaciones actuales permiten reconstruir la organización de los antiguos colegios. Forman dentro del Estado otros tantos grupos parciales que se administran por sí mismos, como el colegio dentro del municipio y como el municipio dentro del Imperio. Estas asociaciones de trabajo (συνεργασίαι) tienen un consejo compuesto exclusivamente por aquellos que han accedido al título de maestros tras haber superado un proceso de aprendizaje y un examen (μαΐστορες). Este consejo está presidido por un jefe electo, el πρωτομαΐστωρ, ayudado por un secretario (γραμματεύς) que tiene a su vez bajo sus órdenes un ujier (κῆρυξ) encargado de las convocatorias. La asociación, a ejemplo de los colegios antiguos, asume las funciones de corporación obrera, cofradía religiosa y sociedad de ayuda. Como cofradía, celebran fiestas anuales; un banquete, costumbre ya practicada por todos los colegios antiguos, y una misa por los difuntos, recuerdo evidente de los collegia funeraticia de los antiguos. Como sociedad de asistencia, tiene su montepío y sus miembros honorarios. Y, por último, en su calidad de cofradía religiosa, une a sus miembros entre sí por un conjunto de deberes que, transformados por el cristianismo, encuentran seguramente su punto de partida en la antigüedad pagana. El gobierno turco, continuando en esto la tradición de la autoridad bizantina, reconoce a los colegios actuales la calidad de personas civiles, gozando de la facultad de poseer, de vender y de reivindicar sus derechos ante la justicia. Toda deliberación, como en su día lo fueran las de los antiguos colegios, está refrendada con el sello de la corporación. Si ésta se traduce en una petición a la administración otomana, se transmite a través del primer maestro. En el caso de que afecte a varias corporaciones a la vez, es presentada por el obispo, acompañado de los presidentes de las asociaciones de que se trate.

Añadamos que, en todas y cada una de las ciudades, estas corporaciones mantienen relaciones hospitalarias de confraternidad que nos recuerdan los hábitos occidentales de camaradería. Así, cada verano Salónica acoge obreros de la ciudad búlgara de Derbé, que vienen a participar en las empresas de la construcción. Estos extranjeros tienen asegurado el apoyo y, si es preciso, la protección de sus colegas, que ven su colaboración más como un refuerzo que como una competencia. Este apoyo mutuo explica las costumbres tan poco sedentarias de los obreros de la construcción en todo el Oriente, que he podido observar por mí mismo. He encontrado en cincuenta lugares de la costa de Asia

Menor albañiles de paso originarios de la isla de Rodas. Gracias a las mismas instituciones de mutua asistencia, estos hábitos errantes estaban tan arraigados en la época bizantina, que se veían obreros de Isauria buscando trabajo hasta en Constantinopla.[5]

La situación hoy día de los artesanos griegos de Oriente no ha variado prácticamente desde la época del bajo Imperio. Las leyes, con sus indicaciones desgraciadamente demasiado escuetas, testimonian que estas corporaciones existían ya en tiempo de los emperadores griegos. Las pruebas que involuntariamente nos dejan los cronistas bastan para mostrar que la actual es una continuación de la organización bizantina. Me limitaré a citar un ejemplo. Un relato de Glica, relativo a Santa Sofía, comienza así:[6] «El hijo de un πρωτομαΐστωρ, encargado de cuidar, durante la hora de la comida, las herramientas de la obra...» La anécdota en sí misma carece de importancia. Es este título de πρωτομαΐστωρ, junto a los hechos citados, lo que interesa, pues arroja, me parece, alguna luz sobre las costumbres en vigor en el siglo VI. La propia estructura de esta palabra presupone la existencia de simples μαΐστορες. A su vez, el título de μαΐστορες dado a los obreros de la construcción implica que los obreros estaban sujetos a un régimen de maestría y a una jerarquía análogos a los actuales.

En Occidente, en Roma sobre todo, los colegios se constituían como asociaciones obligatorias. El artesano y su descendencia estaban vinculados al mismo tiempo a su colegio y a su oficio, asignándoles el Estado, como compensación a la pérdida de libertad, una parte en el disfrute de ciertos «fondos dotales» reservados a la corporación. Parece dudoso que esta forma de organización haya sido alguna vez desarrollada en Oriente con todo su rigor. Lo que me hace dudar es el hecho de que ninguno de los edictos que tratan de definir la situación legal de los colegiados lleva el sello de los emperadores de Oriente. Para confirmar esta sospecha sería necesario pasar revista a una interminable serie de textos. Veamos a continuación los más sobresalientes, ya que su restringido ámbito de aplicación corrobora nuestra idea.

En primer lugar, la ley que obligaba a los regidores de provincias a devolver por la fuerza a sus corporaciones a los colegiados fugitivos, que se aplicaba expresamente sólo a los desertores «de los colegios de Roma» (*Cód. Teod.* 14, 2, 4). La misma ley es confirmada más tarde bajo una forma menos restrictiva; la carta

imperial que la renueva está fechada en Milán y procede de Honorio (*Cód. Teod.* 14, 7, 1).

Lo mismo ocurre con la ley (*Cód. Teod.* 30, 16). Esta ley, que tiene el mismo origen, y asimilaba la servidumbre de los colegiados a la de los curiales, afectaba especialmente al gobernador de la provincia de Italia.

Finalmente, recordemos que el último reglamento que trató de la condición de los colegios también procedía de un emperador de Occidente. Es un edicto fechado en Ravena y firmado por el emperador Majencio (*Nov. Teod.* 4, 1).[7]

Así pues, las medidas coercitivas provienen única y exclusivamente de Occidente. Lo que hacen los emperadores de Constantinopla es limitarse a registrar las leyes de sus colegas. Después, tras la caída del Imperio de Occidente, cuando las provincias griegas han de sacar decididamente a la luz códigos de leyes esta práctica, ahora superflua, se abandona. De repente, se ven desaparecer de la recensión de Triboniano más de dos tercios de las leyes que habían tratado de las clases obreras. Nada podría describir mejor el cambio experimentado. El reglamento que establecía la herencia de las servidumbres del colegio desaparece. Las constituciones de Majencio, que se han citado arriba hace un instante, se derogan. No queda nada de las disposiciones que penalizaban la incorporación de ciertos miembros. En todo lo que concierne al régimen de las clases obreras, el Código de Justiniano parece una protesta contra la legislación occidental. Subsisten algunas medidas rigurosas, pero, casi siempre, las constituciones que las sancionan indican formalmente que sólo afectan a la ciudad de Roma, sobre la cual los Emperadores griegos mantenían una suerte de soberanía feudal.[8]

En contraste significativo con éstas el Código de Justiniano mantiene y aplica en Oriente precisamente las leyes que sancionan las inmunidades o los privilegios de los obreros. Podemos citar, por ejemplo, el reglamento de Constantino, que al enumerar las profesiones exentas de prestaciones indicaba formalmente que: «Los artesanos comprendidos en la lista gozarán de dispensa, *sea cual sea la ciudad que habiten.*»[9] Otra ley que igualmente se reproduce en el Código de Justiniano, la de Valentiniano, rodeaba de garantías especiales los bienes de la corporación de los armadores. Y así otras con las que podríamos seguir la relación.

Al parecer los emperadores bizantinos, según una línea ideológica totalmente opuesta a la de sus colegas de Occidente, intentaban atraerse al obrero griego mediante el estímulo en lugar de asegurarse sus servicios coercitivamente.

Extraños por principio a los asuntos de las corporaciones, y movidos por la desconfianza que parecen inspirarles, optarían por tratarlas en definitiva como sociedades secretas. La única medida que toman respecto a ellas consiste en imponerles los jefes con el pretexto de darles protectores.[10]

Por lo demás, esta disolución lenta del organismo autoritario del viejo Imperio se manifiesta, bastante después del siglo VI, en la propia historia de los códigos. En el siglo IX, el antiguo código de leyes fue revisado de nuevo y traducido al griego para uso exclusivo del Imperio bizantino. Si comparamos este código, llamado de las Basílicas, con el de Justiniano y, éste a su vez, con el de Teodosio II, vemos que se ha producido una desaparición completa de los reglamentos coercitivos. El nuevo código, podando lo que era inaplicable, elimina de un golpe todo lo que en los códigos primitivos ligaba al obrero con su colegio y al colegio con la administración imperial. De este modo, tanto en la ley como en los hechos, las corporaciones cesan de contarse entre los mecanismos oficiales de la autoridad imperial. ¿Qué guardan entonces del régimen pasado? Un espíritu de solidaridad inquieto que se manifestará más de una vez en los motines de Constantinopla.[11] Y lo que aquí nos interesa más directamente, un respeto casi supersticioso por la tradición, algo que tendrá tarde o temprano el efecto inevitable de inmovilizar el arte del que son depositarias.

El hecho de que cada ciudad posea gremios de obreros, independientes unos de otros y a la vez del poder central, de que cada gremio conserve sus procedimientos propios, así como sus estatutos individuales, ponen así mismo las bases para la permanencia de los rasgos del arte en cada ciudad y para fomentar su diversidad de una región a otra. Seguramente la influencia de la vida corporativa de los obreros es uno de los motivos principales de que la construcción bizantina tenga el carácter a la vez tradicional y local que hemos observado.

¿Cómo eran contratados por el Estado estos artesanos, que en teoría gozaban de una libertad absoluta? ¿De qué forma prestaban su ayuda en las obras de utilidad pública? Habitualmente trabajaban encuadrados en una empresa, como lo confirman algunos contratos entre el Estado y los empresarios.[12] Pero los emperadores bizantinos no se obligaban siempre con sus obreros formalizando un contrato. El Imperio de Oriente, como monarquía asiática establecida entre griegos que era, aunque admitía las peculiaridades de su carácter, retomaba en

ocasiones su cariz despótico, decretando el tributo de trabajo, la prestación personal pura y simple, exactamente como hubiesen hecho los soberanos de Persia o de Asia central. Así, para una reparación en el acueducto de Valente, Constantino IV recluta a la fuerza «en Asia y en la región del Ponto, mil albañiles y doscientos yeseros; en Grecia y en las islas, quinientos ladrilleros; en Tracia, cinco mil peones y doscientos alfareros; elige jefes (ἄρχοντας) para dirigir esta tropa, y pone a la cabeza un patricio.»[13] Es preciso reconocer, sin embargo, que los emperadores griegos consideraban este trabajo forzado como un medio excepcional del que se valían sólo en situaciones de emergencia. Las mismas expresiones de indignación de los historiadores cuando advierten esta aplicación arbitraria, demuestran que lo que registran es inhabitual. Tan infrecuente era que ni siquiera se produce en algunos casos extremos. Procopio, cuando enumera con complacencia los recursos a los cuales Justiniano recurre para terminar sus grandes trabajos, no alude a los tributos del trabajo.[14]

Por último, sin duda siguiendo una costumbre heredada del alto Imperio, estaba regulado que las tropas bizantinas fuesen ejercitadas en el arte de construir. Las vemos, con Basilio El Macedonio, ocupar su ocio en tiempos de paz colaborando en las obras de la gran iglesia del Palacio.[15]

Cada gran empresa estaba presidida por un director responsable que vinculaba su nombre a la obra. Era el equivalente al curator en los edificios antiguos. Como el curator romano, este encargado se escogía, si era preciso, fuera de las profesiones que pertenecen al arte de la construcción, como por ejemplo un patricio. Prueba de esto aquel Ciro,[16] a quien Teodosio el joven confía los trabajos de una parte del recinto de Constantinopla. Después, por debajo de estos curatores especialmente encargados de tal o cual obra, se colocaba un superintendente elegido de entre los dignatarios de Palacio, que llevaba el título de οἰκίστικος. El libro de Ceremonias de la corte[17] nos lo muestra situado inmediatamente bajo las órdenes del canciller del Imperio, junto al conde de los Acueductos. Ésta era en síntesis la estructura de la dirección administrativa de las obras del Estado.

La dirección técnica, por su parte, correspondía al arquitecto, único agente del que nos queda por precisar cuál era su situación y su función. Su papel era ante todo el de un constructor, como lo testimonia el título de μηχανικός, (mecánico) nombre con el que se designaba a la profesión de arquitecto. Con este

nombre designa Procopio al ilustre autor de Santa Sofía, Antemio, de quien nos queda un único escrito, precisamente un tratado sobre las máquinas.[18] Es con esta denominación de mecánico, que evoca ante todo la idea de constructor, como se llama en todas las épocas del bajo Imperio a los arquitectos, nombre al que todos hacían honor, como espero que haya quedado mostrado a lo largo de este estudio.[19]

La profesión de arquitecto entrañaba la exención de todas las cargas personales. Este privilegio se reconoce en una disposición del Código[20] que nos da a la vez la clave del modo de transmisión de los conocimientos: «Los arquitectos, dice el texto, gozan de inmunidad para que puedan más fácilmente enseñar a sus hijos la práctica de su arte.» Así es, en efecto, transmitiéndose como secretos hereditarios de padres a hijos —una misma familia de Mileto proporciona sucesivamente a Santa Sofía dos arquitectos de nombre Isidoro[21]— como se perpetuaron los métodos de construcción a partir del siglo VI. Las escuelas, miserablemente constituidas bajo Diocleciano,[22] habían recibido por parte de Constantino cierto impulso para atender las obras de su nueva capital; pero después su decadencia, su inoperancia en tiempos incluso de las grandes construcciones de Justiniano, era lo suficientemente notoria como para que los autores del nuevo código no viesen inconveniente en borrar de la legislación todos los textos antiguos que las habían favorecido hasta entonces. Esto indica que la enseñanza oficial había dejado paso ya a la transmisión de métodos tradicionales en el seno de las familias de arquitectos, cambio que debió contribuir, por su parte, a la llamativa continuidad y la persistencia de los procedimientos del arte de construir bizantino.

La inmovilidad del arte. He aquí pues el punto hacia el que inevitablemente lo llevan diversas influencias. El régimen de maestría de los obreros; el sistema hereditario de contratación de padres a hijos de los arquitectos; y, por encima de todo, el espíritu hierático que invadía progresivamente la sociedad entera. A pesar de la estimulante conmoción causada en el entumecido mundo bizantino por la dinastía macedonia, a partir de mediados del siglo X la arquitectura se consagrará irrevocablemente a un formalismo inflexible del que las instituciones del monte Atos nos ofrecen hoy día un ejemplo singular. Como la propia sociedad del bajo Imperio, el arte de construir parece un tronco herido de muerte, de cuyas raíces nacieran todavía algunos retoños, incapaces de alcanzar la altura a la que en otro

tiempo el tallo creció. La savia bizantina circulará algún tiempo en las arquitecturas árabe y persa. Se insinuará incluso en nuestro renacimiento románico de Occidente, pero sobre el suelo bizantino todo movimiento ha cesado, toda vida se ha apagado. El arte de la construcción expira en el siglo X, momento en que clausuramos la historia de sus progresos y la descripción de sus métodos.

Notas

Introducción

1. Procop. *De Aedif.* 1.1; Agat. *Hist.* 5.8. [El término «mecánico» (μηχαυικός, mecanicós, en griego) se refiere a un arquitecto que, además de ser un maestro en su oficio, domina los aspectos técnicos y científicos de la construcción, en particular la ciencia de la Mecánica. Para una discusión detallada, véase: G. Downey, «Byzantine architects: their training and methods,» *Byzantion,* 18, 1946–48: 99–118. N. de los E.]

Capítulo 1

1. Por otra parte, los bizantinos utilizaban, como nosotros, el hormigón vertido. El hecho se destaca en los relatos que sus cronistas nos han dejado sobre Santa Sofía. Codino y el anónimo de Banduri mencionan en términos inequívocos el vertido de las masas de cimentación. Codin. *De Struct. S. Soph.* edic. París, p. 67, ed. Bonn. p. 135; Anónim. ap. Banduri *Imp. Orient.* 1 p. 68. Estos dos autores —que por lo demás se basan evidentemente en la misma fuente— añaden que el hormigón se fabricaba con la ayuda de agua caliente con cebada disuelta; ignoro qué les hizo creer esto.
2. *Cód. Teod.* 14.6.
3. Plin. *Hist. Nat.* 36.53.
4. Es suficiente citar el ejemplo de los morteros de Gerasa; a pesar de su origen auténticamente romano, tenían tan poca consistencia que he tenido que hacer más de una verificación para convencerme de que no eran morteros de tierra.
5. Fil. Biz. 1.5 (*Veterum mathemat. Opera,* París, 1693; reeditado y traducido por De Rochas y Graux *Revue de Philologie*, 1879): «Las piedras deben unirse con yeso.» La misma prescripción se encuentra en Fil. Biz. 3.
6. Paul. Silenc. *Descr. S. Soph*. part. 2. v. 39, Procop. (*De Aedif.*, ed. Paris. p. 7; ed. Bonn, p. 178) y el anónimo de Banduri (1, p. 72) están en desacuerdo con Silenciario; pero las descripciones de éste son siempre tan escrupulosamente fieles que merecen crédito.

7. Este ejemplo proviene de un lienzo de muro en ruinas cerca de Beirut.
8. Termas de Caracalla, de Diocleciano; Basílica de Majencio, etc.
9. Las más antiguas representaciones de arcadas sobre columnas nos han llegado a través de las medallas romanas de Asia: Donaldson, *Archit. Numismat.*, figs. 20, 21, 22, 28, 34, 37. Como ejemplos conservados, citaremos el gran patio de Spalato, la arcada sobre columnas del Templo de Damasco, y los monumentos de Haurán publicados por Vogüé, *Syrie centrale*, láms. 7, 20, etc.
10. La basa escalonada se encuentra en San Vital de Rávena, y la basa en forma de capitel invertido, en una cisterna de Constantinopla descubierta en 1875 cerca del Et–meidan. Las basas de San Vital pueden verse en la obra de Dartein sobre la Arquitectura lombarda, lámina 2.
11. El empleo de grifos en las esquinas tiene un origen muy antiguo. El ejemplo anterior proviene de las construcciones de Diocleciano en Spalato, pero creo que sería posible remontarse más atrás todavía. Plinio relata (*Hist. Nat.* 36.4.14) que dos griegos llamados Batrakos y Savros esculpieron a modo de firmas, respectivamente, una rana y un lagarto en «espiral» en las columnas que habían tallado. El término espiral, en el lenguaje técnico de los romanos, designa esencialmente los perfiles de las basas; y por eso pensamos que estos accesorios esculpidos, como Plinio indica, no habrían podido adaptarse a estos perfiles, a menos que se dispusieran como los mencionados grifos de las basas de Spalato.
12. *De Aedif.* 1.1, ed. Paris, p. 9; ed. Bonn, p. 180.
13. Fotio nos dice que la iglesia del palacio construido por Basilio el Macedonio tenía también columnas decoradas con anillos, a las que designa con el nombre de περιζώματα.
14. Un texto de Paulo Silenciario (*Descr. S. Soph.*, part. 2, v. 60) induce a pensar que el asiento sobre lechos de plomo no estaba reservado exclusivamente a las columnas, ya que relata cómo las pechinas de Santa Sofía se nivelaron también con sillares que recibían, por medio de hojas de plomo, el peso de la cúpula. El actual estado del edificio no permite verificar esta afirmación.
15. La data de la basílica de Belén se deduce de las observaciones realizadas por Vogüé en su libro sobre las Iglesias de Tierra Santa.
16. Este detalle corresponde a una iglesia del monte Atos que pude observar mientras se construía (monasterio de S. Panteleemón).

Capítulo 2

1. Por ejemplo, el antiguo teatro de Sardes, al cual corresponde la figura 18.
2. El Maltepe; Curtius considera que este monumento se remonta por lo menos al siglo II a. C.; *Abhandl. der Akad. der Wissensch. zu Berlin*, 1872.
3. Este aparejo sirio fue empleado con pleno éxito por Mauss en su bella restauración de Santa Ana de Jerusalén. Debo al Sr. Mauss el conocimiento de esta solución tan práctica como sencilla.

Capítulo 4

1. A partir de los datos *m*, *n*, *h* (fig. 61) es fácil de obtener la ecuación de la superficie y deducir analíticamente las conclusiones enunciadas arriba. El cálculo no ofrece en sí ninguna particularidad interesante, por lo que creemos innecesario desarrollarlo aquí. La curva resultante del cálculo presenta una rama secundaria que en la figura se indica a puntos; esta rama secundaria es la que se obtendría tomando como arco director, en lugar de la parte ASK de la circunferencia C, la parte AΣK.

Capítulo 5

1. En esta figura, indico en el lado izquierdo las inclinaciones existentes y en el derecho las inclinaciones teóricas. La diferencia es inapreciable. Por el contrario, en San Jorge de Salónica (fig. 68), la desviación de los lechos teóricos, representados con líneas de puntos PL', aumenta a medida que se asciende.
2. Este modo de orientarse en el espacio ha sido más de una vez señalado, principalmente por Guys (*Voyage littéraire de la Grèce*, 1783, vol. 2, p. 2). Para el trazado de cúpulas cuyo intradós no es concéntrico con el trasdós, W. Etton ha visto emplear dos barras directrices, una para la curvatura exterior y la otra, para la curvatura interior (*A survey of the turkish Empire*, 1801, pp. 221–223). Sobre la tradición de estos métodos de trazado en el espacio se puede consultar Andreossy (*Constantinople et le Bosphore*, 1828, p. 120)
3. Codino, que escribía en el s. XV, y el cronista anónimo conocido como Banduri, que parece haber vivido hacia el s. XIV (Codin. *De Sancta Sophia*, ed. Bonn, p. 144; p. 72 de la ed. del Louvre; Anónim. ap. Banduri, *Imp. orient.* vol. 1, p. 72). Ambos hablan de un descimbrado prematuro que habría precedido la ruina de la cúpula. Estos dos cronistas —que beben evidentemente de la misma fuente— añaden que para atenuar en el futuro los empujes se habría reconstruido la bóveda con ladrillos de Rodas, cinco veces menos pesados que los ladrillos ordinarios; esta afirmación está en desacuerdo con las observaciones realizadas en las restauraciones de Santa Sofía (Salzenberg, *Altchristl. Baudenkm.* v. Constp.) pero, a pesar de todo lo erróneo que pueda ser este relato, muestra una enfoque de ideas interesante de conocer.
4. Dartein, *Architecture lombarde*, 1ª part., p. 11; 2ª part., p. 126.
5. Véanse los curiosos detalles recogidos por Volney en su *Voyage en Syrie* (vol. 2, p. 296).
6. Vitr. 5.5.
7. Remitirse así a las notaciones de la figura 65, donde DA < AC, etc.
8. Prácticas tradicionales recogidas en las obras del nuevo monasterio de Roussiko.

Capítulo 7

1. Vogüé, *Syrie centrale*, lám. 6.
2. Véase págs. 60 y 73.
3. Vogüé, *Le Temple de Jérusalem*.

4. Cada uno de los esquemas presenta dos secciones de la bóveda: una sección transversal y una sección diagonal.

Capítulo 9

1. Procop. *De Aedif.* 1.1. ed. Paris, p.9.
2. Fil. Biz. 9.
3. Paulo Silenciar. part. 2, v. 45. Cf. Procop. *De Aedif.* 1.1.

Capítulo 10

1. Fil. Biz. 3.3; *Revue de philol.* 1879, p. 118; De Rochas, *Principes de la fortif. antique*, p. 36. Cf. Vitr. 1.5; Procop. *De bell. pers.* 2, ed. Paris p. 26,; ed. Bonn p. 153.

Capítulo 11

1. La rotonda de San Jorge de Salónica se representa en la lámina XXIII, 1. En el *Voyage* de M. Saulcy al mar Muerto y las tierras bíblicas se encuentra una planta muy precisa de la iglesia de Garizim.
2. Palladio, edición de Venecia, lib. 4, p. 40.
3. Hemos tomado esta distinción de Dartein, *Architecture lombarde*, 2ª parte, p. 136.

Capítulo 12

1. Sección horizontal obtenida por encima de las naves laterales.
2. Agat. *Hist.* 5.8; Teófan., *Chronogr.* A. M. 6051; Cedren. *Compend.* ed. Bonn, vol. 1 p. 676. Agatías se limita a decir que se dió más altura a la nueva cúpula; Teófanes y Cedreno añaden que la flecha de la nueva cúpula soprepasa a la de la antigua en 20 pies; Zonaras da la cifra de 25 pies. Los únicos autores en desacuerdo con éstos pertenecen a los últimos tiempos del Imperio bizantino y no merecen demasiado crédito: éstos son Glica, Codino y el anónimo de Banduri.
3. Esta perspectiva muestra, a la derecha, Santa Sofía tal como se encuentra en la actualidad; a la izquierda, Santa Sofía tal como era antes de la colocación del relleno del que se trata. Esta adición no tiene, por otra parte, nada de hipotético; he constatado la ausencia total de ligazón entre el volumen cuadrado primitivo de la cúpula y el relleno descrito, que lo refuerza y ata las cabezas de los machones.

Capítulo 13

1. Se puede comprobar este parecido examinando los dibujos de Fellows, *Travels in Lycia.*
2. Vogüé, *Le Temple de Jérusalem*, lám. 19.
3. San Jorge de Salónica no es, a mi juicio, una excepción a esta regla; la estructura de madera que recubre la cúpula no existía en origen. Toda la fábrica del tambor que la

soporta ha sido construida claramente después; nuestro dibujo de la lámina XXIII, 1, muestra el edificio libre de estas adiciones.

4. Esta curiosa organización de la obra me ha sido amablemente explicada por el Sr. Mauss, quien tuvo la ocasión de contemplarla en más de una ocasión, durante sus largas estancias en Palestina.

Capítulo 14

1. Ver, en apoyo de esta atribución, Du Cange, *Cp. Christ.* 1, pp. 96 y 132.
2. Du Cange, *Cp. Christ.* 4, p. 95.
3. Euseb. *Vit. Const.* 29, 31, 32. Cf. Libanio ὑπὲρ ἱερῶν, ed. Reiske, vol. 2, p. 186; Zósim. *Hist.* 2, 30 y 31.
4. Para quien compare los bajorrelieves del arco de Salónica y los del obelisco del At–meidan, no podrá quedar duda alguna sobre la edad relativa de estos dos monumentos. El obelisco del At–meidan pertenece ciertamente al reinado de Teodosio; haría falta que la decadencia del arte se hubiera producido muy rápidamente para que el arco de Salónica no fuera posterior a la época de Constantino.
5. Layard, *The monuments of Niniveh*, 2ª serie, lám. 17.
6. Aprovechamos aquí un resultado todavía inédito (agosto 1882) de la interesante misión que el ingeniero Dieulafoy está desarrollando en Persia. Dieulafoy establece, utilizando la fotografía como método comparativo, que la arquitectura de Servistán y de Firuzabad es contemporánea de la de Persépolis, y que la civilización sasánida no pudo por tanto ejercer ninguna influencia sobre ella. Esto difiere grandemente de la cronología oficialmente admitida, pero las nuevas atribuciones se apoyan en pruebas que creemos absolutamente decisivas.
7. Place, *Ninive et l'Assyrie*, vol. 1, p. 271.
8. Lepsius, *Denkmäler aus Ägypten*, 1ª part. láms. 88 y 89.
9. Observaciones comunicadas por el Sr. Dieulafoy.
10. Vitr. 2.8. Por otra parte, un senador consulto del año 11 a. C. que enumera los materiales que servían en Roma para la restauración de los acueductos no menciona el ladrillo y sí, sin embargo, la teja (testa): Frontin. *De aquaed.* 125.
11. Vitr. 2.3. Cf. Plin. *Hist. Nat.* 34.49; Varron (*De Re Rus.* 1.14) cita muros de ladrillo cocido: éstos son muros galos.
12. Strab. lib. 14, ed. del Louvre p. 663. Estas apreciaciones concuerdan por otra parte con las conclusiones de G. Perrot en sus memorias sobre el arte de Asia Menor: *Mém. d'archéol., d'épigr. et d'hist.*, p. 67 y ss.
13. Esta visión de los orígenes del arte bizantino se la debo a Viollet-le-Duc. Me la sugirió en una de esas conversaciones tan ricas en ideas mantenidas con este eminente arquitecto en las que me ofrecía sus agudas apreciaciones, nacidas del conocimiento de los hechos.
14. De Saulcy, *Hist. de l'art judaïque*; Viollet-le-Duc, *Entretiens sur l'archit.* (Entr. nº 6); Vogüé, *Syrie centrale.*
15. *Cód. Teod.* 13.4.1 (constitución del año 304).
16. Que la iglesia de Santa Sofía construida por Constantino y restaurada por Constancio

tenía un tejado de madera, queda suficientemente probado por el hecho de que fuera destruida por un incendio (Teófan. 6024). Lo mismo hay que señalar en lo que respecta a Santa Irene (Teófan., íbid.). En cuanto a la iglesia de los Santos Apóstoles, ver Euseb. *De Vit. Const.* 4.58. De la corta vida de los edificios de la ciudad de Constantino da testimonio Zósim. 2.22. Cf. Temist. *Oral.*, ed. del Louvre, p. 47.

17. En cuanto a las iglesias poligonales con cúpula de Nacianzo y de Neocesarea, ver la Oración fúnebre por el padre de san Gregorio Nacianceno, 12. Las iglesias de la Madre de Dios en Jerusalén y de los Santos Apóstoles en Constantinopla, están descritas en Procop. *De Aedif.* 1.
18. Sobre este curioso periodo del Bajo Imperio, ver A. Rambaud, *L'Empire grec au X siècle,* 1870; Paparrigopoulo, *Histoire de la civilisation hellénique,* 1878.
19. Coll. Labbe, vol. 7, col. 831. El texto trata sólo de la pintura y de la representación de figuras sagradas, pero exponía ya un principio cuya extensión era inevitable.
20. Iglesia de Dana: Texier, *Architecture byzantine*, lám. LIX. Iglesia de Alaja: de la Borde, *Asie mineure.* Sobre la considerable parte que tuvieron los bizantinos en la construcción de la Gran Mezquita de Damasco: Ibn Khaldoun, *Prolégomènes* (*Notices et extraits des mss.* vol. 20, p. 372). La forma del arco de herradura es evidentemente el recuerdo de un tipo antiguo del que he encontrado multitud de ejemplos en la decoración de las estelas funerarias de Frigia.
21. Const. Porfirog. *De administr. imp.,* ed. Bonn, p. 89.

Capítulo 15

1. Todos los monumentos grecorromanos de Siria testimonian, en grados diversos, esta libertad en la elección de los detalles; uno cualquiera de los edificios publicados por Vogüé (*Syrie centrale*) habría podido servirnos de ejemplo.
2. Ver *L'édit du maximum*, publicado por Waddington.
3. Para este estudio de las marcas de cantero, y para todas las cuestiones históricas que son objeto de este capítulo, he debido recurrir a menudo a los amables consejos del Sr. Egger. Mencionar una a una las informaciones que le debo, sería recordar sin cesar su inagotable cortesía.
4. Además de estas marcas, he encontrado en Santa Sofía inscripciones que servían para la numeración de las losas del piso superior. La galería norte del gineceo nos ofrece, mezcladas con losas desprovistas de inscripciones, otras numeradas donde se leen, sin demasiada dificultad, marcas desde la A hasta ΛS. La galería sur nos ofrece una numeración parecida, partiendo de la A para terminar en ΛΔ. Por último, el nártex superior presenta una numeración que comienza en la A para terminar en MB, salvo una laguna entre IΘ y KH. Estos saltos de numeración sólo se explican si suponemos que el enlosado actual es el resultado de una reparación en la que las losas marcadas son las losas viejas que no fue necesario reemplazar. Si mi hipótesis fuera cierta tendríamos aquí un nuevo ejemplo de este modo primitivo de recuento que empleaban los antiguos.

   En Santa Sofía, la letra A, o bien la letra Π, se presenta frecuentemente aislada en la esquina de las piedras, y parece una marca distinta de la firma.

Para completar estas observaciones sobre las siglas lapidarias puede verse: Ross, *Inscr. Gr. Ined.* n. 48; Meletopoulos, *Ant. du Pirée,* Atenas, 1882; Mazois, *Pompéi*, vol.1, lám. 13 y p. 35; Vogüé, *Syrie centrale*, p. 65. Dieulafoy ha recogido firmas de obreros persas en las ruinas de Mesched-Mourgab. Los zócalos del templo de Puy-de Dôme presentan inscripciones de obreros, que pueden verse también en el monumento de Igel (Ritschl et Brambach, *Corp. Inscr. Rhenan,* n. 831). Revoil da un buen número de marcas del mismo tipo en su *Architecture romane du midi de la France;* ver sobre todo los documentos publicados en los *Annales archéologiques de Didron* sobre las marcas de Reims, d´Aigues-Mortes, etc. (vol. 2, p. 250; vol.3, p. 31).

5. Teófan. ed. Bonn, p. 359. Cf. Joann. Malala, ed. Bonn, p. 490. Los datos que estamos ofreciendo sobre los gremios actuales han podido ser recogidos en Salónica gracias a la colaboración del Sr. Nicolas-Hadji-Thomas, cuyo profundo conocimiento del país me ha sido precioso. En lo que respecta a las gremios actuales de Constantinopla, será de interés consultar un artículo publicado por el Dr. Bassilaki-Bey-Sarakiotis en una revista oriental titulada *l´Univers* (Constantinopla, 1875).
6. Glica, *Annal.* ed. Bonn, p. 497. La *Descriptio urbis Constantinopolitanae* menciona formalmente las organizaciones profesionales de Constantinopla: «Collegiatos XXV qui è diversis corporibus ordinati, etc. » (Du Cange, *Cp. Christiana*, lib. 1, p. 64).
7. No se debería creer que la inserción de estos reglamentos locales, bien en el Código de Teodosio, bien más tarde en el Código de Justiniano, les dió el valor de leyes generales aplicables a todo el Imperio. Esto sería errar sobre el carácter de los códigos antiguos. Un código no es otra cosa que una colección de jurisprudencia; colección oficial, pero que conserva esencialmente en los textos el sentido, la fuerza y el alcance que sus autores les han atribuido. Ver a este respecto las consideraciones realizadas por Bach en su Historia del derecho romano (*Historia jurisprud. Rom.*, Leipzig, 1796, pp. 569–579).
8. La constitución relativa a los desertores figura en el *Cód. de Justiniano* (11.14.1) como un reglamento de aplicación local que afecta expresamente a «los corporati de la ciudad de Roma.» Esta constitución, hemos dicho que fue confirmada en un edicto posterior y recogida por un emperador de Occidente en términos completamente generales (*Cód. Teod.* 14.7.2); hay que señalar que el edicto que lo confirma no se encuentra en el *Cód. Justin.*
9. Cod Justin. 10.44.1; cf. *Cód. Teod.* 12.4.2. La ley siguiente, relativa a los armadores, existía en el *Cód. Teod.* 13.6.2 y se encuentra reproducida en el *Cód. Justin.*
10. La legislación justiniana consagra formalmente los reglamentos que atribuían al Senado el derecho de prohibir las reuniones de los colegios (Disposiciones reunidas en *Digest.* 47.22). Sobre los protectores, institución cuyo carácter excepcional refleja que la norma era la independencia del colegio frente a la autoridad, léase la crónica de Juan Scilitzas (ed. Bonn, p. 641).
11. Nicetas nos muestra, en una revuelta de Constantinopla, los gremios sublevados marchando por falanges como tropas regulares (Nicet. Choniat., ed. Bonn., p. 511). En Cantacuzeno encontramos un ejemplo de reivindicación colectiva de comerciantes y de obreros de Constantinopla al Emperador (ed. Bonn. vol. 2, p. 71), etc.
12. Se dice que la gran prisión de Constantinopla fue un edificio adjudicado a empresarios: Cantacuz., ed. Bonn, vol. 2, p. 542. Los textos relativos a las obras públicas, reunidos

en la colección de Zacarías de Lingenthal, parecen confirmar esta regla (*Jus gr.-rom.* vol. 5, p. 203). Cf. *Bonefid. Juris Orient.* lib. 1, p. 3.

13. Teófan. ed. Bonn., vol. 1, p. 680.
14. Procop. *Hist. Arcan.* 26. Verdad es que Cedreno habla de prestaciones personales organizadas con Justiniano (ed. Bonn. vol.1, p. 773); pero es conocida la poca confianza que merece. Cedreno menciona igualmente las prestaciones personales bajo el emperador Romano III (vol. 2, p. 497). Teófanes cita reparaciones de murallas realizadas de la misma manera, ed. Bonn. vol. 1, p. 634. Ana Comnena da cuenta de las medidas de estímulo con las que el emperador Alejo atraía y reclutaba los obreros precisos para levantar una fortaleza en Nicomedia (Ana Comnen. ed. Bonn. vol. 2, p. 28); nada se parece menos a las prestaciones de trabajo en Occidente. La participación forzada en las obras públicas era una pena impuesta a ciertos tipos de condenados (*Attaliatae synopsis,* lit. 78; *Lib. Leonis et Const. AA.* tit. V: *collect. De Leunclavius*).
15. Cedren. ed. Bonn. vol. 2, p. 233. Cf. Temist. *Orat.* ed. París, p. 137; *Veget.* 2.11; Ana Comnena, *loc. cit*; Georg. monach. de Leone, 25.
16. Codin. ed. Bonn, p. 107; cf. pp. 105, 109, etc. Teófan. ed. Bonn. vol.1, p. 680. *Digest.* 50.10.2 § 1.
17. Ver Const. Porfirogen., de Cerim, con las notas de Reiske, en los dos pasajes siguientes: ed. Bonn, p. 717, 17 y p. 736, 7.
18. Π ερίπαραδόξων μηχανήματων; publicado y traducido en la Colección de noticias y extractos de manuscritos. El texto de Procopio relativo a Antemio está tomado de su tratado *De Aedif.* (ed. Bonn, vol. 2, p. 177.) El empleo usual del término mechanicus como sinónimo de arquitecto aparece en los siguientes textos: Tácit. *Ann.* 15.42; Lamprid., Alex. Sev., 44 y 22; Symmach. 5.74 y 10.38.39; *Cód. Teod.* 13.4.3; Procop. *De Aedif.* 1.1 y 2.8; Agat. *Hist.* 5.8; etc.
19. [En realidad investigaciones más recientes muestran una atribución mucho más restrictiva del término; sólo se llamaba «mecánicos» a aquellos arquitectos que, maestros en su profesión, dominaban además la técnica constructiva y la ciencia de la Mecánica. Ver más arriba la nota 1 de la Introducción. N. de los E.]
20. *Cód. Teod.* 13.4.2; cf. Vitruv. prefacio del lib. 6.
21. Procop. *De Aedif.* 1.1 y 2.8.
22. Ver el edicto de Máximo. La tarifa de la enseñanza merece ser señalada: 100 denarios por mes y por alumno. Las medidas de estímulo tomadas por Constantino se encuentran en el *Cód. Teod.* 13.3.1.

Glosario

ábaco. La parte superior y remate del capitel de una columna. Con frecuencia tiene la forma de una losa cuadrada, pero también puede estar moldurado o decorado.

ábside. Remate oriental de la nave adosado a las cabeceras de las iglesias. Su planta remata en semicírculo, por lo general, en el románico, y poligonalmente en la arquitectura gótica. Por extensión se llama así a toda la cabecera de una iglesia, incluyendo la capilla mayor, la girola y las capillas absidales.

absidiolo. Capilla absidial.

acodalar. Poner codales para reforzar la construcción, de forma que se aseguren dos cuerpos sosteniéndose recíprocamente.

acueducto. Construcción para transportar agua, particularmente para el abastecimiento de una población; puede ser exterior (a veces en forma de puente) o subterránea.

adarajas. Cada uno de los entrantes y salientes que se dejan en las sucesivas hiladas de un muro al suspender su construcción, para que al continuar la fábrica se consiga una perfecta trabazón con la antigua.

adintelada. Forma de construcción de fábrica que se basa en el empleo del dintel y la columna. Visualmente muy diferente de la construcción arqueada, su funcionamento estructural es similar, formándose arcos de descarga dentro de los dinteles que funcionan como arcos adintelados.

adobe. Cuerpo regular construido con tierra arcillosa bien batida a la que a veces se mezcla paja o heno cortado para que tenga más cohesión.

adovelado. Construcción o arco compuesta por dovelas.

afirmar. Asentar sólidamente una obra. || Dar solidez a una fábrica o terreno por medio de pilotajes, refuerzos, rellenos, cimientos, etc.

agrietamiento. Forma y disposición de las grietas en una zona de una fábrica.

alabeado. En geometría se llama alabeada a la superficie reglada no desarrollable. || Vicio de una pieza plana al curvarse de modo que los cuatro ángulos no quedan en el mismo plano.

altura. *Ver* **flecha.**

andamiaje. Estructura provisional utilizada en la construcción de una fábrica.

aparejo. La disposición y enlace de las partes de una construcción. Tratándose de obras de cantería o sillería, se usa también este término como sinónimo de despiece.

apear. Sostener o apuntalar un terreno, construcción o parte de ella, bien con maderas o con obra de fábrica.

aplastamiento. Fallo del material por compresión.

apoyo. Elemento de sustentación.

apoyo en falso. El modo como está asentado sobre otro un cuerpo que tiene alguna parte voladiza o que no está a plomo con su base.

apuntado. *Ver* **arco apuntado.**

apuntalar. Sostener con puntales, generalmente de forma provisional.

arbotante. Arco por tranquil o rampante que transmite en estado pasivo el empuje de una bóveda a un machón o estribo exterior.

arcada. Arco o serie de arcos, especialmente en los puentes.

arcatura. Arcada decorativa, figurada, en relieve o pintada.

arco. Elemento estructural curvo que transmite las cargas fundamentalmente mediante esfuerzos de compresión. La forma de transmisión de las cargas viene dada por la posición de su línea de empujes.

—— **adintelado.** El que degenera en una línea recta presentando un intradós horizontal y estando despiezado en dovelas dispuestas radialmente en forma de cuña.

—— **apuntado.** El formado por dos arcos de círculo de igual radio y menores que un cuarto de circunferencia.

—— **crucero, diagonal.** El que, arrancando de un apoyo, pasa por la clave principal de una bóveda nervada (de ahí su nombre).

—— **de descarga.** El que se sitúa sobre un vano o porción de fábrica para aliviarlos del peso del muro superior. Muchas veces no se acusan con molduras sino que van embebidos en la fábrica, al ras de los paramentos. || En un dintel o macizo de fábrica que salva un vano, trayectoria que siguen las cargas en su interior.

—— **escarzano.** El formado por un segmento circular, menor que la semicircunferencia, teniendo, por lo tanto, su centro por debajo de la línea de los arranques.

—— **fajón.** El volteado en un plano perpendicular al eje de la nave. En especial se llama así el que «refuerza» una bóveda de cañón seguido, dividiéndola en tramos.

—— **formero o de forma.** El que recibe la intersección de la bóveda con el muro de cerramiento. || Cada uno de los cuatro en que se apoya una bóveda vaída.

—— **de medio punto.** Aquel cuyo intradós es una semicircunferencia completa, por lo que su altura o flecha es igual a la mitad del vano.

—— **peraltado.** El prolongado en sus extremos por dos porciones rectas. || Aquel cuya altura es mayor que su semiluz.

—— **perpiaño.** Fajón.

—— **rampante, por tranquil.** El que no tiene sus arranques a la misma altura. No es simétrico y, con frecuencia, su intradós está definido por dos arcos de circunferencia acordados. Generalmente los arbotantes son arcos rampantes.

—— **rebajado.** Aquel cuya altura o flecha es menor que la semiluz.

—— **toral.** Cada uno de los cuatro que sostienen una cúpula, un cimborrio o el tramo central del crucero. || A veces se emplea como sinónimo de arco perpiaño o de arco formero.

argamasa. *Ver* **mortero**.

arista. Ángulo sólido formado en la intersección de dos bóvedas de cañón que se cruzan; se vuelve más obtuso a medida que se aproxima a la coronación. En una bóveda de arista sobre un tramo cuadrado éstas forman dos «arcos» que se cruzan sobre las diagonales del cuadrado en planta. En las bóvedas de crucería góticas la arista está escondida por los arcos cruceros.

armadura. Conjunto de piezas de madera que forman una estructura destinada a recibir el tejado con el que se cubre el edificio.

arquería. Serie de arcos, con frecuencia ciegos o decorativos. Arcatura.

arranque. La porción de un arco o bóveda que insiste sobre el apoyo, y en la que se inicia la curvatura de dichos elementos. *Ver también* **enjarje**.

arriostrar. Poner riostras u otros elementos para hacer indeformable una armadura, garantizando así su estabilidad global.

artesonado. Techo formado por artesones, casetones o entrepaños poligonales rehundidos, generalmente de madera.

asentar. *Ver* **sentar**.

—— **a hueso, en seco.** Sentar la piedra o ladrillo en obra sin mortero.

atirantar. Asegurar con tirantes una armadura o un arco para anular los empujes horizontales sobre los apoyos.

barbilla. Corte agudo que se da al extremo de un madero, generalmente en una cara, para que encaje en él el extremo de otro. Así suele ser el ensamble del tirante con el par en una armadura.

basa. Parte inferior de las tres de que se compone una columna.

basílica. En Roma edificio público de tres a cinco naves, con la central más elevada, separadas entre sí mediante series de columnas. En la cabecera se encontraba la tribuna donde se celebraban los tribunales. También se usaba como lugar de reunión y contratación. || Antigua iglesia cristiana de tres a cinco naves separadas por series de columnas. La nave central es de mayor altura y a ella se abre el triforio construido sobre las naves laterales. En la cabecera presenta normalmente un ábside semicircular y a los pies suele tener un vestíbulo o nártex.

bóveda. Obra de fábrica arqueada que cubre un espacio comprendido entre muros o pilares.

—— **anular.** La que se curva en planta, tal como las bóvedas de cañón anulares que cubren los primitivos deambulatorios.

—— **de arista.** La formada por la intersección de dos bóvedas de cañón de igual altura y con el mismo plano de arranque, siendo sus aristas salientes hacia el interior de la bóveda.

—— **de cañón.** Aquella cuyo intradós es cilíndrico. La sección transversal puede ser un semicírculo o un arco apuntado. Si la superficie es continua, se dice de cañón seguido; pero es muy frecuente que presente resaltos en forma de arcos fajones que la dividen en tramos.

—— **de crucería, nervada.** Nombre general de las bóvedas de arcos independientes que constituyen una de las características principales de la arquitectura gótica. Constan de dos elementos esenciales: los arcos que forman su esqueleto y los plementos o paños que cubren los espacios intermedios.

—— **de cuarto de esfera.** La que se obtiene al dividir una cúpula semiesférica por un plano vertical que pasa por su centro. Bóveda de horno.

—— **cuatripartita.** La de crucería sobre planta cuadrada o rectangular, dividida en cuatro paños fundamentales.

—— **falsa.** La formada por aproximación sucesiva de hiladas horizontales en voladizo. Una vez cerrada la coronación su funcionamiento estructural es como el de cualquier bóveda.

—— **de horno.** La que tiene la forma de un cuarto de esfera o media cúpula. Se le llama también bóveda de cascarón o de cuarto de esfera. bóveda.

—— **en rincón de claustro.** La originada por la intersección de cañones cilíndricos de igual altura, y que arrancan de un mismo plano horizontal; presenta sus aristas o encuentros en ángulo entrante, al contrario que la bóveda de arista, de la que también se diferencia en que cada uno de sus paños tiene que apoyarse en un muro continuo, mientras que la de arista sólo insiste sobre apoyos aislados.

caballete. En una tejado la parte más alta, horizontal, que descansa sobre la hilera y divide las vertientes o aguas.

cabecera. Parte principal de una iglesia donde se encuentra en general el altar, y enfrentada a los pies.

cadena. Conjunto de piezas de madera o eslabones de hierro más o menos gruesos que se unen mediante articulaciones. || Machón de sillería, en general de mayor y menor, que se echa a trechos en un muro de fábrica para fortificarlo; su uso es frecuente en las esquinas. || Tirante de hierro o madera que une los soportes sobre los que se voltea un arco. || En general, conjunto de elementos unidos entre sí que atan o fortifican una fábrica. Estos elementos pueden ser barras de hierro, maderos o sillares (unidos por grapas).

caja y espiga. *Ver* **ensamble a caja y espiga**.

cajear. Abrir cajas en una pieza de madera.

cal. Producto obtenido por la calcinación de piedras calizas. Se llama cal grasa a la que proviene de la cocción de calizas que contienen menos de un décimo de materias extrañas.

calado. Motivo ornamental arquitectónico a modo de encaje. || Perforado, abierto por ventanas o huecos.

calero. El que hace o vende la cal.

caliza. Roca de carbonato cálcico y otras substancias.

calzo. Cuña o tarugo de madera o hierro con que se afianza, ajusta o coloca en posición una pieza cualquiera.

can. Cabeza o extremo de una viga que sobresale del muro a fin de sostener la cornisa o vuelo del tejado, o una armadura de cubierta. || Modillón que soporta una cornisa o el vuelo de un tejado.

canecillo. *Ver* Can.

cantera. Explotación de donde se extrae la piedra.

cantería. Arte de labrar la piedra. || Construcción hecha de piedra labrada.

cantero. En general, el que labra la piedra. También se usa esta palabra para designar en general a los aprendices, oficiales, capataces (en su caso) y maestros que formaban las logias o gremios medievales de canteros.

cañón. *Ver* **bóveda de cañón.**

capitel. Parte superior de una columna o pilastra. Lleva molduras y elementos decorativos, lo que establece las diferencias entre los órdenes.

carpintería. Arte de construir con madera. || Conjunto de las cosas de madera de una construcción o edificio.

carpintería de armar. La que hace armaduras, entramados y demás armazones de madera para los edificios.

carpintería de taller. La que hace ventanas, puertas, armarios, paneles y otros elementos del edificio, de función no estructural.

cáscara. Estructura superficial curva.

cáscarón. *Ver* **bóveda de horno**.

cascote. Fragmento de alguna fábrica derribada o arruinada que sirve luego o se utiliza en obras nuevas.

catacumba. Galería subterránea en que los primeros cristianos enterraban a sus muertos.

celosía. Elemento calado que cierra un hueco o sustituye a un muro.

cercha. En cantería, tabla curva que sirve para guiar la labra, por ejemplo, de una dovela; por extensión cercha llegó a ser sinónimo de curva. || Cimbra o armadura que sostiene un arco o una bóveda durante su construcción. Por extensión, modernamente cualquiera estructura reticulada plana de cubierta.

cimborrio. Torre o cuerpo saliente, en general de planta cuadrada u octogonal que se levanta sobre el crucero de una iglesia. A veces se remata con un chapitel.

cimbra. Armazón de madera arqueada por su parte superior que sirve como de molde para la construcción de arcos y bóvedas, sosteniéndolos mientras se construyen y cierran.

cimentación. Construcción que transmite las cargas de la estructura al terreno.

cintrel. Cuerda o regla que, sujeta por un extremo en el centro de curvatura de un arco o bóveda sirve para señalar la dirección de las juntas de las piedras o ladrillos.

clave. La dovela central que cierra un arco o bóveda. En una bóveda de cañón las claves están en una fila formando la línea de clave; en las bóvedas de crucería o arista las líneas de clave tienen forma de cruz o estrella según el número de nervios que se reúnen en su cima.

codal. Madero que se pone horizontalmente en una zanja o en el vano de un edificio para sostener las paredes y que no se desplomen.

codo. Medida de longitud empleada por griegos y romanos equivalente a un pie y medio, o seis palmos.

cola de carpa. Remate abierto en V de una barra o pletina de hierro para mejorar su anclaje.

colateral. Nave lateral.

columna. Elemento arquitectónico vertical de sostén. Consta de basa, fuste (generalmente de forma cilíndrica) y capitel.

columna adosada. La que está adherida a un elemento recto, ya sea pilar o muro. || Particularmente la que está empotrada en la pared o en un pilar, pero sale más de la mitad de su diámetro.

contrafuerte. Estribo o machón adosado o entregado a un muro, como refuerzo o para contrarrestar los empujes de un arco o bóveda.

contrahoja. *Ver* **contralecho**.

contralecho. Se dice a contralecho de la colocación de una piedra en sentido contrario al que tenía en cantera, de manera que el lecho de cantera queda vertical o en la dirección de la carga.

contrapar. Madero colocado en una armadura de tejado paralelamente a los pares para recibir la tablazón. || Madero que se adosa al par por su parte inferior para reforzarlo o ayudar a soportar otro elemento, como el puente o nudillo.

contrarresto. La resistencia que oponen algunos elementos arquitectónicos a los empujes ejercidos por otros. || Los elementos que ejercen dicha resistencia, como contrafuertes, estribos, machones, etc.

cornisa. Parte superior y más saliente del entablamento. || Moldura o conjunto de ellas que rematan un muro, en general para evitar que el agua de lluvia incida o resbale sobre él.

corporación. Gremio. Asociación formada por maestros, oficiales y aprendices de un mismo oficio; su actividad profesional estaba regida por ordenanzas o estatutos especiales.

correa. Madero horizontal que coge desde un cuchillo de armadura a otro; va asentado en los pares por medio de los egiones, y en él se clavan los contrapares.

cortes de cantería. Arte de definir el despiece de los aparejos de piedra, para la labra de sus sillares. *Ver también* **estereotomía**.

costillas. Listones colocados sobre los cuchillos de una cimbra, en sentido horizontal, formando la figura que ha de tener la bóveda, para enlazar los cuchillos y para el apoyo de las dovelas o ladrillos durante la construcción.

crucería. *Ver* **bóveda de crucería**.

crucero. *Ver* **arco crucero**. || En una iglesia de planta cruciforme, el área central, generalmente de planta cuadrada, que se forma en la intersección de la nave central con los transeptos.

crujía. Espacio intermedio entre dos muros de carga, generalmente alargado.

cuaderna. Cada una de las piezas curvas que arrancando de la quilla forman la armadura de un barco.

cuatripartita. *Ver* **bóveda cuatripartita**.

cubierta. Conjunto de materiales que forman la superficie de una techumbre y preserva el interior de los edificios. Cubre las armaduras y, por tanto, comprende los entablados y los revestimientos exteriores.

cuchillo. La parte de una armadura o cimbra que constituye una armazón rígida, y se pone a trechos, apoyada sobre soleras en los muros, para servir a su vez de apoyo a la cubierta. Modernamente se les suele llamar cerchas.

cúpula. Construcción abovedada de forma semiesférica, o aproximada, que cubre un área poligonal o circular. El paso de la planta cuadrada a la poligonal o circular, en su caso, se realiza mediante pechinas o trompas, organizando un anillo que sirve de soporte al tambor que funciona como realce de la cúpula, pudiendo tener vanos que iluminan su interior. En su parte superior puede terminar en un óculo, que puede quedar abierto o, con mayor frecuencia, ir cubierto por una linterna.

—— **doble.** La que presenta una doble cáscara.

—— **gallonada.** La que presenta su superficie dividida verticalmente por arcos, nervios o aristas que la dividen en husos que recuerdan los gajos de una naranja.

—— **nervada.** La que se compone de una osatura de arcos cruzados, que soportan paños de plementería.

—— **de paños.** La que se levanta sobre planta poligonal, componiéndose de paños de superficie cilíndrica, que se cortan como los de la bóveda en rincón de claustro.

—— **poligonal.** La que tiene una planta poligonal.

—— **simple.** La que se compone de una sola cáscara.

desbastar. Dar a una piedra o pieza de madera la forma aproximada necesaria, para obtener después la forma final.

descantillar. Romper las aristas o cantos.

descimbrar. Quitar la cimbra que ha servido para construir un arco o bóveda.

deslizamiento. Fallo que se produce en la junta entre dos piedras cuando la resultante forma con el plano de la junta un ángulo superior al ángulo de rozamiento. En las fábricas terminadas este fallo se produce raramente.

desplome. El defecto que presenta una pared, torre o construcción cualquiera por haber perdido la verticalidad.

destajo. Se dice a destajo del trabajo contratado a tanto alzado por piezas o unidades de obra, sin tener en cuenta el tiempo que se tarda en su ejecución.

dintel. La pieza horizontal, de cualquier material, que cierra por la parte superior una puerta o una ventana, cargando sobre las jambas y siendo de una pieza en el sentido de su longitud. *Ver también* **adintelada, arco adintelado**.

directriz. En un arco, para un sistema de planos de corte dado, la línea que une los centros de gravedad de las secciones. Si el arco es esbelto, de espesor constante y los planos se toman normales al intradós, coincide muy aproximadamente con la línea media.

dovela. Cada una de las piedras en forma de cuña, generalmente con una cara convexa y otra cóncava, que constituyen un arco o bóveda. Toda dovela tiene seis caras: la boquilla o intradós, el trasdós, los lechos o juntas de los costados, y las caras verticales que cuando son aparentes se llaman cabezas.

durmiente. En general, todo madero horizontal asentado y que sirve a veces de soporte a otro. *Ver también* **solera**.

elasticidad. Cualidad de un material que, habiéndose deformado bajo la acción de una fuerza, recupera su forma original al desaparecer aquélla. En este texto se utiliza, hablando de las bóvedas, como capacidad para adaptarse a los movimientos.

embarbillar. Ensamblar dos maderos que se encuentran oblicuamente haciendo en el extremo de uno el corte llamado barbilla para que encaje en la escopladura o farda del otro.

empalme. La unión de dos maderos de igual escuadría por sus extremos, de manera que coincidan sus caras y parezcan continuación uno del otro.

—— **a media madera.** La unión entre dos maderos cuando cada extremidad está rebajada a la mitad y ajustan entre sí.

—— **de caja y espiga.** El realizado mediante el rebaje del extremo de uno de ellos (espiga), para introducirlo en la entalladura practicada en el otro (caja).

empotramiento. Apoyo de una estructura que, idealmente, ni se desplaza ni gira.

empuje. El esfuerzo que ejercen hacia afuera contra sus apoyos o estribos los arcos o bóvedas. Con frecuencia se llama «empuje» a la componente horizontal del empuje total inclinado.

encadenado. *Ver* **cadena**.

enjarje. Adarajas, conjunto de entrantes y salientes que se dejan en las hiladas de un muro cuya construcción se interrumpe, para que unan bien las fábricas cuando la obra se continúe.

enjuta. Espacio limitado entre los trasdoses de las bóvedas o arcos contiguos, o de uno solo y la vertical del estribo prolongada hacia arriba. || En general, a cada uno de los espacios o superficies triangulares resultantes de inscribir un círculo o elipse en un cuadrado.

enlucido. Capa última de mezcla que se da a una pared para que presente una superficie unida y tersa (de cal, yeso, estuco, etc.).

ensamble, ensambladura. Unión entre dos maderos.

—— **a caja y espiga.** El realizado mediante el rebaje del extremo de uno de ellos (espiga), para introducirlo en la entalladura practicada en el otro (caja).

—— **embarbillado.** El efectuado realizando barbillas.

—— **a media madera.** Aquel en que se ha practicado un rebaje en cada madero igual a la mitad de su grueso, y de una anchura similar a la del madero contrario.

entallar. Hacer cortes en una pieza de madera para ensamblarla con otra.

entramado. Conjunto de piezas enlazadas entre sí para formar una estructura resistente.

entrega. Parte de una pieza que se introduce en la pared o bóveda para su empotramiento.

escala. Relación entre una magnitud real y su representación. || Tamaño, generalmente en relación al hombre.

escuadrar. Labrar una pieza de madera que sus ángulos sean rectos.

escuadría. Las dos dimensiones de la sección transversal de una pieza de madera que está o ha de ser labrada a escuadra.

espiga. El extremo de un madero o hierro escaseado a escuadra todo alrededor para que encaje en el hueco abierto en otro al que se llama caja, para formar un ensamble a caja y espiga. || La pieza de madera, piedra o hierro que sirve para ligar o enlazar fuertemente a dos sillares de hiladas consecutivas, para lo cual entra en cajas abiertas en el lecho del inferior y el sobrelecho del superior. (Como por ejemplo en los tambores de las columnas de algunos templos griegos.)

esqueleto. Por semejanza con el del cuerpo humano, estructura resistente; lo mismo que armadura o armazón.

estática. Ciencia que se ocupa del estudio del equilibrio de los cuerpos.

estela. Columna, pilar o lápida, generalmente con inscripción, levantada sobre el suelo verticalmente con fines conmemorativos.

estereotomía. La ciencia que trata de los cortes que deben darse a los cuerpos sólidos para que sus diversas porciones reunidas con cierto orden presenten un conjunto estable. Se hablar de estereotomía de la piedra y de la madera.

estribo. La fábrica o machón que soporta o contrarresta el empuje de un arco o de una bóveda. *Ver también* **contrafuerte**, **contrarrestos**.

estuco. Revestimiento continuo susceptible de tomar el pulimento del mármol. Se compone de cal y polvo de mármol, y a veces alabastro o yeso. || También se llama estuco al realizado con yeso blanco y agua de cola.

esviaje. Desviación del eje de una bóveda o arco respecto a la perpendicular al frente de la obra de que forma parte.

exarcado. Provincias que los emperadores romanos de Oriente tenían en Italia. La capital estaba en Rávena donde residía el gobernador o exarca.

extradós. *Ver* **trasdós**.

fábrica. Cualquier construcción o parte de ella hecha con piedra o ladrillo recibidos, en general, con mortero o argamasa. También se llaman fábricas las construcciones de adobe o tierra y hormigón en masa.

fisura. *Ver* **grieta**.

flecha. Altura, sagita o montea de un arco.

forjado. Elemento superficial plano que constituye la estructura horizontal de un piso o cubierta.

formero. *Ver* **arco formero**.

fuste. Parte vertical de la columna comprendida entre la basa y el capitel.

gineceo. En la casa griega, y después en la romana, el lugar destinado a las mujeres.

gremio. *Ver* **corporación**.

grieta. La hendedura que se produce en una fábrica como consecuencia del carácter unilateral del material, por causa de los pequeños movimientos de adaptación a las condiciones de contorno durante la construcción o la vida del edificio. Representan la propia naturaleza del material y, en sí mismas, no tienen por qué ser señal de peligro o alarma.

grifo. Ornamentación labrada en forma de garra o fronda que suele disponerse en los cuatro vértices de una base de columna cuadrada. || Animal quimérico con cabeza y alas de águila y cuerpo de león.

hilada. Conjunto de piedras o ladrillos, cuyos lechos o tendeles están en un mismo plano o superficie continua. Las juntas normales a dichos lechos se llaman llagas. || Conjunto de dovelas de una misma altura, sentadas en toda la longitud de una bóveda, o en toda su circunferencia si es esférica.

hormigón. Mezcla compuesta de piedras menudas y argamasa de cal o cemento y arena; tradicionalmente la mezcla se realizaba in situ y se empleaba con frecuencia como relleno de muros. Se diferencia de la mampostería en el tamaño, mucho más pequeño, de las piedras.

—— **moderno.** El hormigón moderno emplea cemento portland y árido grueso y arena; se ejecuta mezclando los materiales en la hormigonera y luego se vierte en la obra.

—— **romano.** Difiere del hormigón actual en el cemento y, sobre todo, en el modo de ejecución. Los romanos utilizaban un cemento derivado de la puzolana. El hormigón se ejecutaba in situ en la obra: primero se extendía una capa de pequeñas piedras o cascotes sobre la que se vertía otra capa de argamasa, después se colocaba otra capa de piedras, se vertía de nuevo la argamasa, y así sucesivamente. El material final tiene una estructura estratificada que se aprecia con claridad en las ruinas romanas.

hueso. *Ver* **asentar a hueso**.

huso esférico. Parte de la superficie de una esfera comprendida entre las dos caras de un ángulo diedro que tiene por arista un diámetro de la esfera.

imposta. La faja algo saliente que suele ejecutarse en el arranque de las bóvedas y arcos.

inglete. Unión a escuadra de dos elementos ensamblados mediante cortes a 45°.

intradós. Superficie que limita por su parte inferior un arco o bóveda.

jabalcón. En general, madero colocado oblicuamente para cubrir un vano o voladizo, o para reforzar otro elemento de una armadura.

labrar. Dar a los bloques de piedra que se sacan de las canteras las formas convenientes a su empleo en las obras. *Ver también* **cortes de cantería**, **estereotomía**.

lechada. Masa fina líquida de cal, yeso o cemento que se utiliza para blanquear las paredes o recibir los sillares o ladrillos.

lecho. La superficie superior de todo sillar sobre la que se apoya o ha de apoyarse otro. La cara inferior del sillar que se coloca encima se llama sobrelecho porque va sobre el lecho. || En una dovela de un arco o bóveda las caras laterales de contacto con las otras dovelas.

lecho de cantera. Superficie de separación de los bancos de piedra en la cantera.

levantamiento. Conjunto de operaciones necesarias para representar gráficamente un edificio construido o un terreno.

lienzo. Cada trozo continuo de pared o de muro interior o exterior. || Trozo continuo de muralla en una fortificación.

lima. Ángulo formado por las vertientes o faldones de una cubierta. En una armadura de cubierta, el madero que forma la arista de dicho ángulo.

linterna. Torrecilla de forma varia, pero más alta que ancha, con ventanas y aberturas, que se pone en la parte superior de las cúpulas para servirlas de remate y darles luz.

llagas. En la fábrica de ladrillo se llaman así a las juntas verticales, normales a los tendeles.

llaves. Las piedras o sillares que atizonan o atraviesan todo el espesor de un muro o pilar. Se llaman también perpiaños.

losa. Piedra plana y de poco espesor, casi siempre labrada, que sirve para solar y otros usos.

luz. Amplitud de un hueco o vano.

macizo. Parte de un muro o fábrica entre vanos, capaz de sostener.

machón. Estribo; macizos de muro, de gran masa y tamaño, en los que estriban arcos y bóvedas. Suelen llamarse machones a los contrafuertes adosados a los muros y también a los botareles de los contrarrestos góticos.

madero. Pieza larga de madera escuadrada o rolliza.

mampostería. Obra de fábrica a base de piedras sin labrar, o poco labradas, aparejadas a veces sin orden de hiladas o tamaños y unidas con argamasa.

—— **concertada.** Cuando las juntas de unión entre las piedras forman un contacto más o menos uniforme.

mampuesto. Piedra sin labrar o toscamente labrada que puede ser colocada en una obra de fábrica con la mano.

marcas de cantería. Signos tallados sobre los sillares, que generalmente obedecían a la conveniencia de marcar el trabajo realizado por cada cantero, cuando se hacía a destajo. Cada cantero tenía su propia marca.

ménsula. Miembro que sobresale del plano en el que está puesto y que sirve para recibir o sostener alguna cosa. Generalmente su altura es menor que su vuelo.

moldura. Pieza de ornamentación longitudinal de determinado perfil.

monolito. Piedra de una sola pieza.

montacaballo. Disposición de las dovelas de un arco de modo que, por su parte superior, formen un cuerpo con la hilada que llega hasta ellas.

montante. Pieza o elemento vertical que trabaja a compresión. || Listón o columnilla de una tracería o que divide el vano de una ventana. *Ver* **pie derecho**.

montea. La altura o sagita de los arcos, de las bóvedas y de las armaduras de cubierta. || El trazado de los despiezos y detalles de una obra, a tamaño de ejecución, a cuyo fin, en un muro o en el suelo, se dispone un área enlucida, llamada plano de montea, donde se hacen los trazados de los cuales se sacan las plantillas y medidas para labrar las piezas. En ocasiones, la montea se grababa con punzón en el suelo o paredes de piedra. || Alzado.

mortero. Mezcla de cal o cemento, arena y agua, principalmente.

muro. Obra de fábrica en la que el espesor es pequeño en relación con la altura y anchura, y que en general sirve para cerrar un espacio.

—— **de carga.** El que tiene función estructural o portante, debiendo ser capaz de transmitir ciertas cargas.

—— **de contención.** El que se emplear para contener las tierras, oponiendo su peso al empuje del terreno.

nacimiento. En un arco o bóveda, el arranque.

nártex. Pórtico cerrado o vestíbulo a la entrada de las basílicas paleocristianas; en la liturgia, estaba destinado a los catecúmenos y penitentes.

nervio. Arco que cruzándose con otro u otros, sirve para formar la bóveda de crucería; es decir, los terceletes, ligaduras y arcos cruceros, perpiaños y formeros. En general, cualquier resalto sobre una bóveda. *Ver también* **arco**.

nervadura. Nervio. || Conjunto de nervios.

nicho. Cavidad practicada en el espesor de un muro, de planta semicircular, cuadrada o poligonal. Cuando la planta es semicircular va coronada, en general, por una bóveda de hormo o de cuarto de esfera.

odeón. En Grecia, y después en Roma, teatro generalmente cubierto destinado a espectáculos musicales.

pandeo. Fallo por inestabilidad de un elemento esbelto cargado a lo largo de su eje.
pantocrátor. Representación del Salvador sentado, bendiciendo y encuadrado en una curva cerrada en forma de almendra.
paño. Cada uno de los diferentes planos que forma al exterior una techumbre. || En una bóveda o cúpula nervada se llaman así a las superficies de fábrica comprendidas entre los nervios.
par. En una armadura de cubierta, cada uno de los maderos dispuestos con la inclinación del tejado para formar la pendiente del mismo y servir de apoyo a las correas.
paramento. Cualquiera de las dos caras de un muro. || Cualquiera de las caras de un sillar.
pechina. Sistema constructivo que permite superponer dos estructuras de diferente trazado geométrico, como una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada formada por cuatro arcos torales. Consiste en disponer en los ángulos de asentamiento triángulos o trapecios curvilíneos definidos por el anillo de la cúpula y los arcos torales. *Ver también* **trompa**.
peralte. Lo que excede en altura un arco o bóveda de su propia semiluz.
perpiaño. Llave, piedra que, dispuesta a tizón, atraviesa un muro o pared. || *Ver* **arco perpiaño**.
pie. Unidad tradicional para medir longitudes que mide aproximadamente como el pie del hombre. Las medidas concretas variaban en función de la época y del lugar. En Roma el pie medía 29,55 cm, el pie castellano medía unos 28 cm, el antiguo *pied royal* francés medía 32,5 cm y el pie inglés estándar mide unos 30,5 cm. El pie se dividía tradicionalmente en 12 pulgadas o 4 palmos (cada palmo consta de 4 dedos).
pie derecho. Elemento vertical de una estructura que funciona como soporte.
pila. En un puente de fábrica, el machón situado entre dos arcos consecutivos.
pilar. Soporte vertical. Se suele llamar así a las columnas o haces de columnas de la arquitectura gótica.
pilastra. Elemento vertical adosado a un muro, de sección rectangular o poligonal, generalmente de función ornamental.
piñón. Hastial, o muro de cerramiento cuya intersección con los faldones de cubierta define un remate triangular.
plantilla. Patrón empleado para determinar el perfil de una piedra durante su labra.
platabanda. *Ver* **arco adintelado**.
plementería. Conjunto de los plementos que forman una bóveda de crucería.

plementos. Paños de sillarejo o mampostería, aparejados por hiladas, que cierran los compartimentos de las bóvedas de crucería, cargando sobre los arcos de osatura (nervios). Para los plementos se elegía, en general, la piedra más ligera disponible.

portante. Dícese de la parte de una construcción que transmite o es capaz de transmitir cargas.

pórtico. Sitio cubierto y con columnas construido delante de un edificio. || Atrio o galería con columnas o arcos construido delante de un edificio. || Claustro o patio cercado de columnas o pilares.

proyección. Obtención de la imagen plana de un objeto, relacionada con él mediante un haz de rayos convergentes o paralelos. Cuando no se especifica suele tratarse de proyección paralela ortogonal; así la proyección horizontal es la planta.

puzolana. Roca volcánica que amasada con cal apagada forma un mortero hidráulico (puede fraguar debajo del agua).

recibir. Sentar. || Sujetar con argamasa una cosa que se introduce en la obra, como un madero, una argolla o los marcos de las ventanas.

resistencia. Capacidad de una estructura para resistir las cargas que debe soportar. || Tensión que puede soportar un material. En general, se distinguen tres tipos de resistencias: de compresión, de tracción y de cortadura.

retranqueo. Dícese del plano o el cuerpo que se retira más atrás de la alineación general.

revoco. Revestimiento continuo exterior de mortero de cal, yeso, cemento, o mixto, que se aplica en una o más capas a un paramento, con el fin de mejorar la superficie de acabado del mismo. || Cubrir con un mortero una obra de mampostería.

rigidez. Cualidad de una estructura que no se deforma excesivamente bajo la acción de las cargas que tiene que soportar.

riñón. En un arco o bóveda la zona del trasdós comprendida, aproximadamente, en la primera mitad de su altura. *Ver también* **seno**.

riostra. Pieza cuya función es asegurar la indeformabilidad de una estructura, de un armazón o de un ángulo. Suele ir en general dispuesta en forma oblicua.

ripio. Escombros de albañilería utilizados para relleno, por ejemplo, del núcleo de los gruesos muros de fábrica, entre los paramentos, o sobre los riñones de las bóvedas.

rollizo. Madero redondo, descortezado y sin labrar.

salmer. En un arco, la primera dovela, cortada en plano inclinado, que inicia el arranque del mismo. También se ha llamado salmeres, como ocurre en este texto, a las primeras piezas cuando están separadas por planos horizontales.

sentar. Colocar en obra un sillar, un madero, etc., afirmándolo en el sitio en que ha de permanecer y en situación conveniente y estable.

—— **a hueso, en seco.** Sentar la piedra o ladrillo en obra sin mortero.

sillar. Piedra escuadrada que se emplea en la construcción.

sillarejo. Sillar pequeño escuadrado o toscamente labrado, y que no abarca generalmente el espesor del muro.

sillería. Obra de fábrica construida a base de sillares, en particular cuando éstos están bien labrados. Las juntas son siempre horizontales y verticales. En la auténtica sillería los tendeles son continuos de manera que los sillares de una misma hilada tienen todos la misma altura.

sobrelecho. Cara inferior de un sillar que apoya sobre el lecho del sillar situado debajo.

solera. En una armadura de cubierta, el madero asentado horizontalmente en la parte superior del muro, en el que apoyan los extremos inferiores de los pares y que, con frecuencia, recibe también a intervalos los tirantes cuando los hay. También se llama, a veces, estribo.

tablazón. En una armadura la serie de tablas que forman la cubierta apoyándose encima de los pares, contrapares o cabios.

tambor. En el fuste de una columna, cada una de las piedras cilíndricas o troncocónicas, con o sin estrías, que lo componen. || Muro de planta circular o poligonal que soporta una cúpula.

taracea. Decoración de maderas por incrustación de pequeños trozos de otras maderas de colores, conchas, etc.

techumbre. Cubierta de un edificio tomada en conjunto, con los distintos elementos de sus estructura y cubierta.

tendel. Junta horizontal en hiladas de la cantería y de la fábrica de ladrillo.

tímpano. En un frontón la superficie comprendida entre las molduras y cornisas del mismo. || De un arco, arcatura o bóveda, las enjutas o muros que apoyan sobre él. || Cuando el vano del arco o bóveda está cegado por un muro, es la parte de dicho muro comprendida entre el intradós y la línea que une los arranques.

tirada. Se llama tirada o atacadura a la banda longitudinal y estrecha que se labra sobre la piedra con el cincel, para definir aristas o elementos de referencia.

tirante. Elemento recto de hierro o madera que se coloca en los arcos o bóvedas y en las armaduras de madera para absorber la componente horizontal del empuje. De esta manera, los apoyos reciben sólo cargas verticales.

tizón. Perpiaño, sillar que atraviesa todo el muro. También, sillar o ladrillo colocado con su dirección más larga perpendicular al paramento.

tongada. Capa de tierra, hormigón u otro material, de poco espesor respecto de la superficie que ocupa, que se extiende sobre otra.

toral. *Ver* **arco toral**.

tornapunta. Pieza de madera o hierro que se coloca inclinada para sostener o apear.

tramo. Cada uno de los espacios en que los arcos fajones o perpiaños dividen una nave.

trasdós. En un arco o una bóveda, es la superficie que los limita por la parte superior y externa, concéntricamente con el intradós, o aproximadamente.

trasdosar. Recrecer o rellenar el trasdós de un arco o una bóveda.

traza. Plano, dibujo o diseño de un edificio o parte de él, o trazado que sirve a su construcción. || En geometría es también la huella o intersección con el plano horizontal u otro plano de proyección.

trompa. Sistema constructivo que permite superponer dos estructuras de diferente trazado geométrico, como una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada formada por cuatro arcos torales. Consiste en disponer en los ángulos de superposición de ambas estructuras unas pequeñas bovedillas generalmente semicónicas proyectadas hacia fuera del muro. *Ver también* **pechina**.

unión. *Ver* **ensamble**.

vano. Parte del muro o fábrica en que no hay apoyo para el techo o bóveda, como son los huecos de ventanas o puertas y los intercolumnios. Se opone al macizo en la planta.

verdugada. Hilada horizontal de ladrillos intercalada en obra de otro material.

vuelo. Parte de una fábrica que forma saliente en el paramento que la sostiene.

zapata. Pieza de forma prismática que se coloca horizontalmente entre un pie derecho o una columna y la viga que apoya sobre ellos, para acortar el vano.

zoquete. Trozo de madera de forma corta y gruesa.

zunchar. Atar con un aro o cadena de refuerzo.

Índice alfabético

Los números en cursiva se refieren a páginas en las que aparece una ilustración relacionada con la entrada correspondiente o con el autor citado. Las láminas llevan numeración romana.

Láminas

Nota sobre el sistema de representación adoptado

Las láminas siguientes sirven como documentos de apoyo a las ideas desarrolladas en el texto; tratan exclusivamente de los edificios estudiados en el curso de una misión realizada de 1875 á 1876.

Se ha intentado no tanto reproducir el estado actual de los monumentos, cuanto hacer patentes los procedimientos constructivos que éstos testimonian.

El modo de trazado consiste en reducir según una escala determinada las líneas paralelas a los tres ejes indicados en cada una de las láminas.

Con el fin de facilitar la comparación entre las figuras relativas a la construcción de bóvedas, todas las láminas entre la I y la XX tienen una escala de reducción uniforme de, aproximadamente, 1/160 [1/100 en la edición original].

Clasificación de las láminas

Bóvedas de cañón

CAÑONES DE SILLERÍA

I 1. Termas de Hierápolis
2. Tumba en Hierápolis

CAÑONES DE LADRILLO O DE SILLAREJO CONSTRUIDOS POR HOJAS Y SIN CIMBRAS

II 1. Huecos de aligeramiento de los contrafuertes de Santa Sofía de Constantinopla
2. Termas en Nicomedia

III 1. Naves laterales en Santa Sofía de Salónica
2. Iglesia de los Siete Durmientes, en Éfeso

IV 1. Arco de Constantino, en Salónica
2. Basílica de la Trinidad, en Éfeso

V 1. Fortificaciones de Nicea
2. Fortificaciones de Nicea (bóveda de mampostería)

VI 1. Cisterna bajo la basílica de San Demetrio, en Salónica
2. Otra cisterna bajo la basílica de San Demetrio, en Salónica
3. Capilla aneja a la iglesia de San Panteleemón, en Salónica

VII 1. Naves laterales en Santa Irene de Constantinopla
2. Puerta del monasterio de los Santos Apóstoles, en Salónica

VIII 1. Depósito en Zografos (Atos)
2. Pasadizo en Xenofontos (Atos)

IX 1. Una de las bóvedas del gineceo de Santa Sofía de Constantinopla
2. Cañón rampante de sillarejo, donjón del Monasterio de San Pablo (Atos)

Bóvedas de arista

BÓVEDAS DE ARISTA DE SILLERÍA

X 1. Teatro de Gerasa
2. Cisterna en la Acrópolis de Pérgamo
3. Puente sobre el Sangario, en Sabanja (construcciones anexas)

BÓVEDAS DE ARISTA DE LADRILLO CONSTRUIDAS POR HOJAS Y SIN CIMBRAS

XI 1. Nártex inferior en Santa Sofía de Constantinopla
2. Almacén en el Monasterio de Vatopedi (Atos)

Bóvedas esféricas

BÓVEDAS ESFÉRICAS CONSTRUIDAS POR HOJAS Y SIN CIMBRAS

XII 1. Chimenea en el monasterio de Iviron (Atos)
2. Cubierta de un pozo. Monasterio de Chilandari (Atos)

XIII 1. Cisterna llamada Yerebatan Serai, en Constantinopla
2. Bóveda esférica en el recinto romano del Templo de Magnesia del Meandro
3. Cisterna de las Mil y Una Columnas, en Constantinopla

XIV 1. Cúpula por trompas escalonadas en el templo circular en Spalato
2. Cúpula por trompas escalonadas en la tumba de San Demetrio en Salónica
3. Bóveda de horno que cubre el vestíbulo de la tumba de San Demetrio en Salónica

BÓVEDAS ESFÉRICAS CONSTRUIDAS POR LECHOS ANULARES

Bóvedas de sillería

XV 1. Bóveda de un edificio de función desconocida (khan o baño), en Gerasa
2. Puerta bajo el zócalo de Haram Ech-Chérif, en Jerusalén

Bóvedas de ladrillo

XVI 1. Basílica de Filadelfia
2. Basílica de San Jorge, en Sardes
3. Vestíbulo de un edificio civil, en Sardes

XVII 1. Tumba de Placidia, en Rávena
2. Cisterna de Imbaher, en Nicomedia

XVIII 1. Cisterna el Budrún, junto a Santa Sofía de Constantinopla
2. Cisterna al nordeste del Et-meidan, en Constantinopla

Casos particulares de la cúpula bizantina

XIX 1. Cúpula constituida por una espiral de tubos embutidos en el baptisterio de Rávena
2. Cúpula sin empujes, construida con la ayuda de tejas curvas, en el antiguo monasterio de San Panteleemón (Atos)

XX 1. Cúpula gallonada en San Sergio de Constantinopla
2. Cúpula gallonada en la Theotokos de Constantinopla

XXI 1. Cúpula sobre trompas en la gran mezquita de Damasco
2. Cúpula sobre trompas procedente de la muralla de Nicea

Equilibrio y agrupamiento de bóvedas bizantinas

XXII 1. San Sergio de Constantinopla
2. Templo de Minerva Médica, en Roma

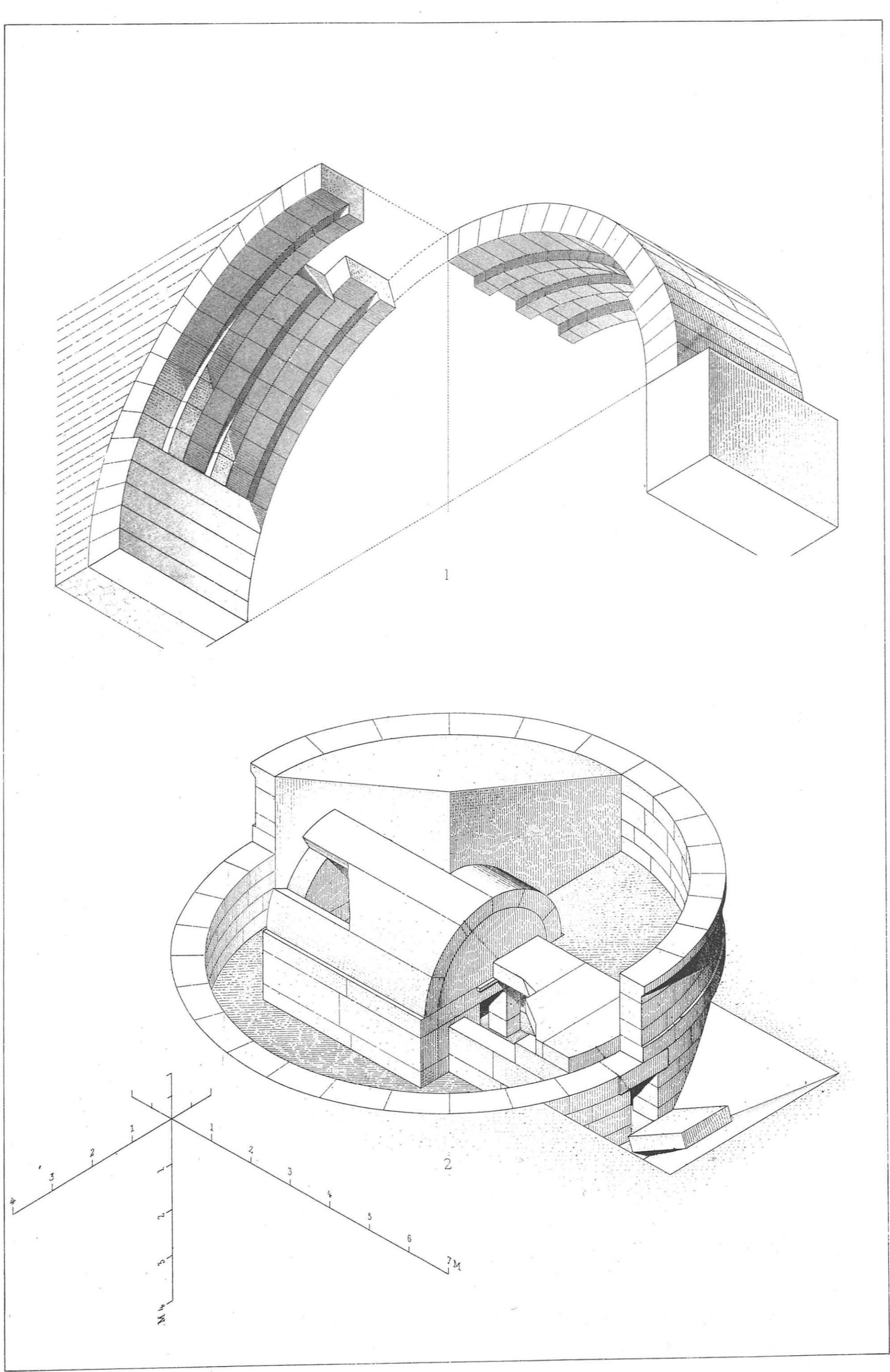
XXIII 1. San Jorge de Salónica (estado primitivo)
2. Santa Sofía de Salónica

XXIV Estudio sobre las disposiciones originales y las transformaciones sucesivas de los contrafuertes de Santa Sofía de Constantinopla

XXV Las naves laterales de Santa Sofía de Constantinopla

Lámina I

1. Termas de Hierápolis
2. Tumba en Hierápolis



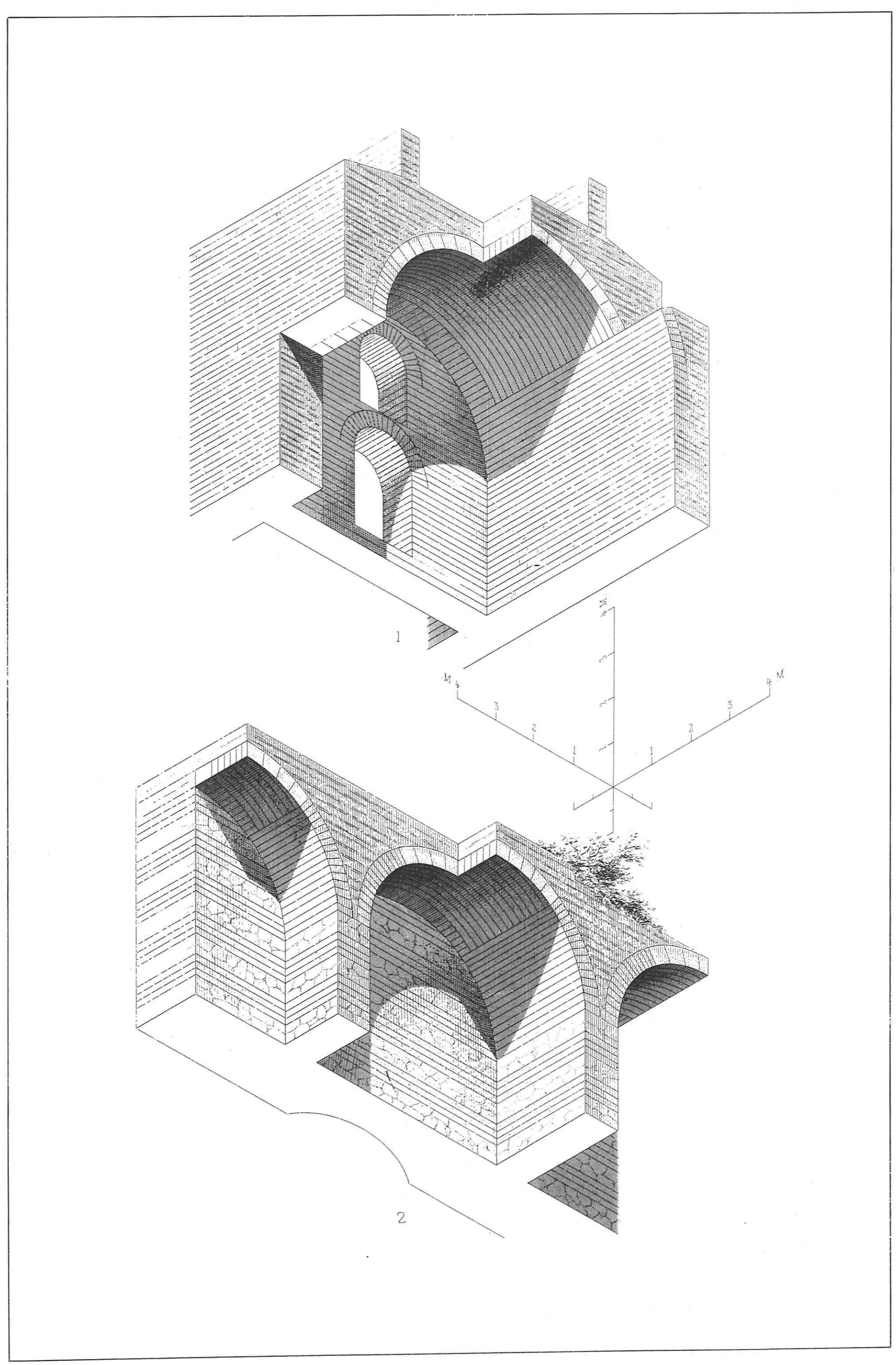
DESSINE PAR A CHOISY

GRAVE PAR J SULPIS

HIERAPOLIS

Lámina II

1. Santa Sofía de Constantinopla. Contrafuertes
2. Termas en Nicomedia

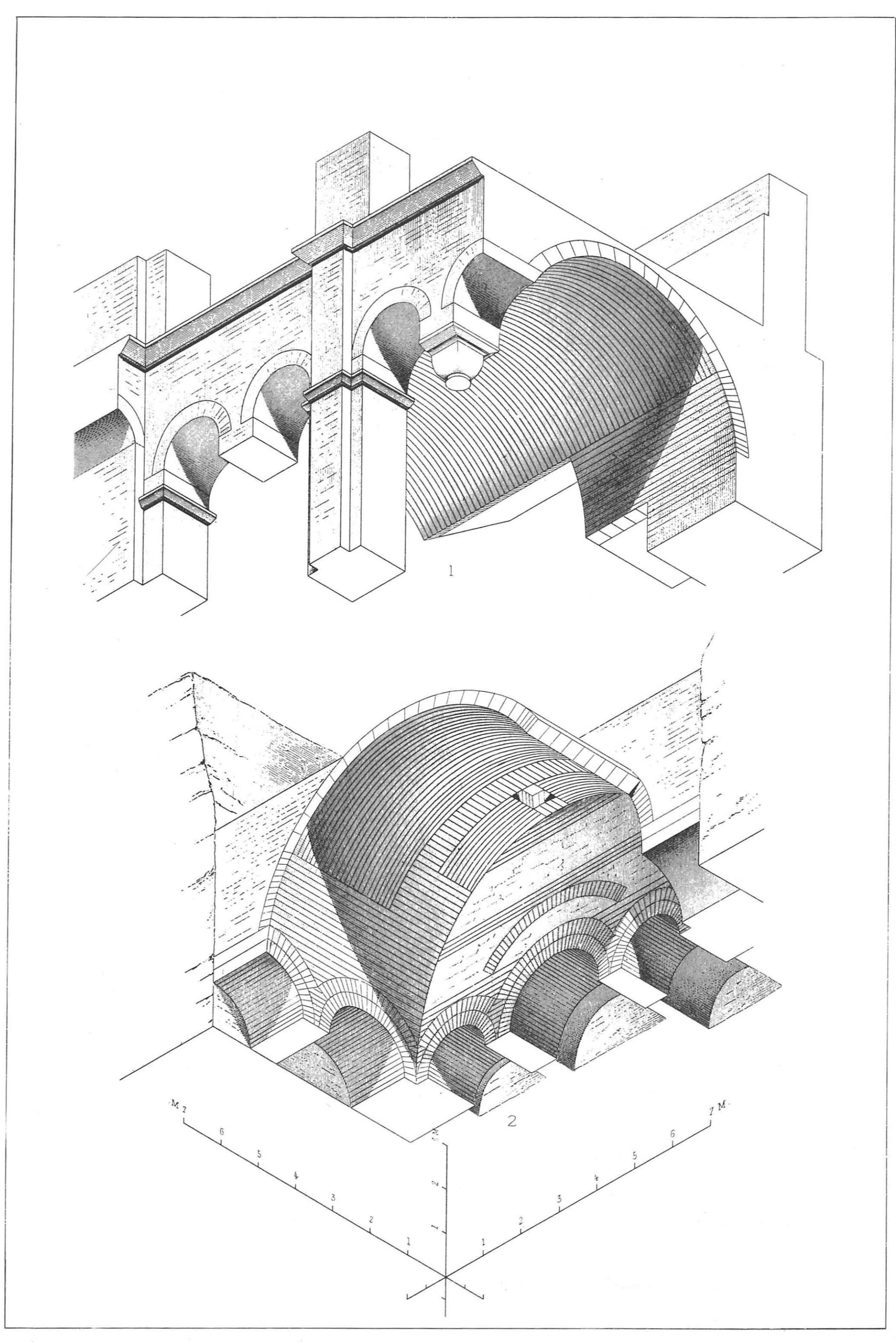


DESSINE PAR A. CHOISY. GRAVE PAR J. SULPIS.

1. S^TE SOPHIE DE C^PLE — 2. NICOMEDIE

Lámina III

1. Santa Sofía de Salónica. Naves laterales
2. Iglesia de los Siete Durmientes, en Éfeso



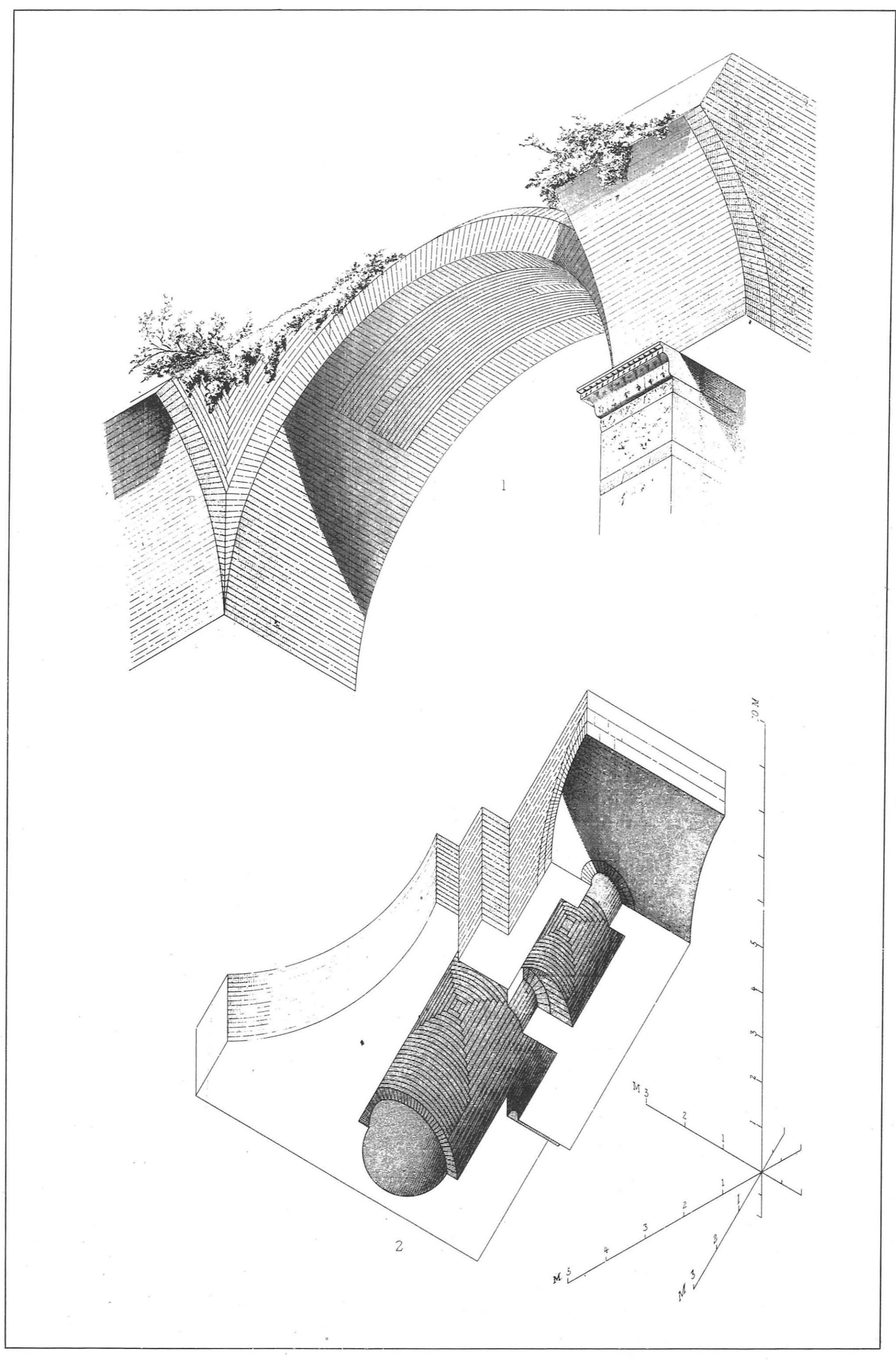
DESSINE PAR A. CHOISY.

GRAVE PAR J. SULPIS

1. SALONIQUE. — 2. EPHESE

Lámina IV

1. Arco de Constantino, en Salónica
2. Basílica de la Trinidad, en Éfeso



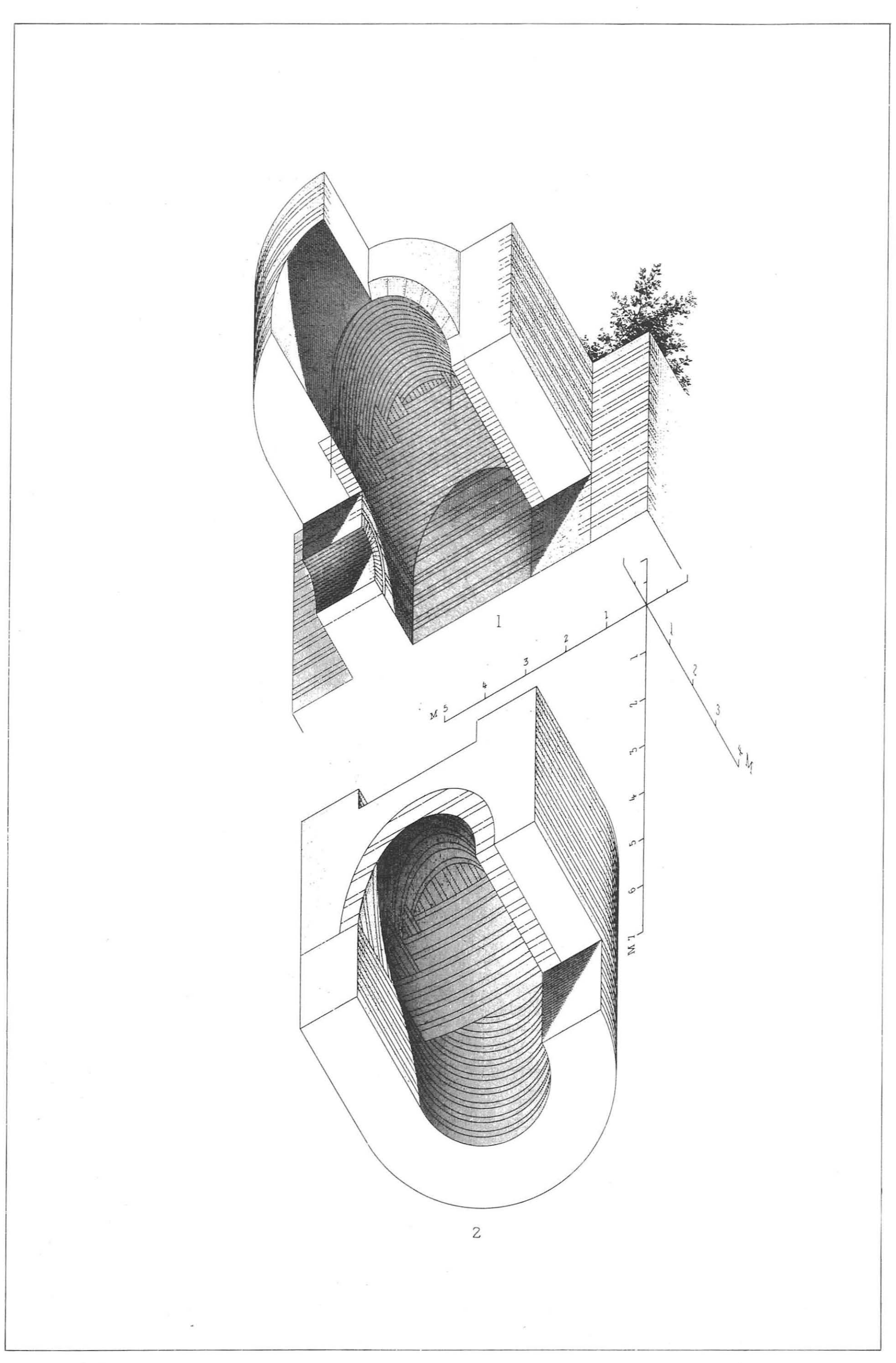
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

1. SALONIQUE — 2. EPHESE

Lámina V

Fortificaciones de Nicea

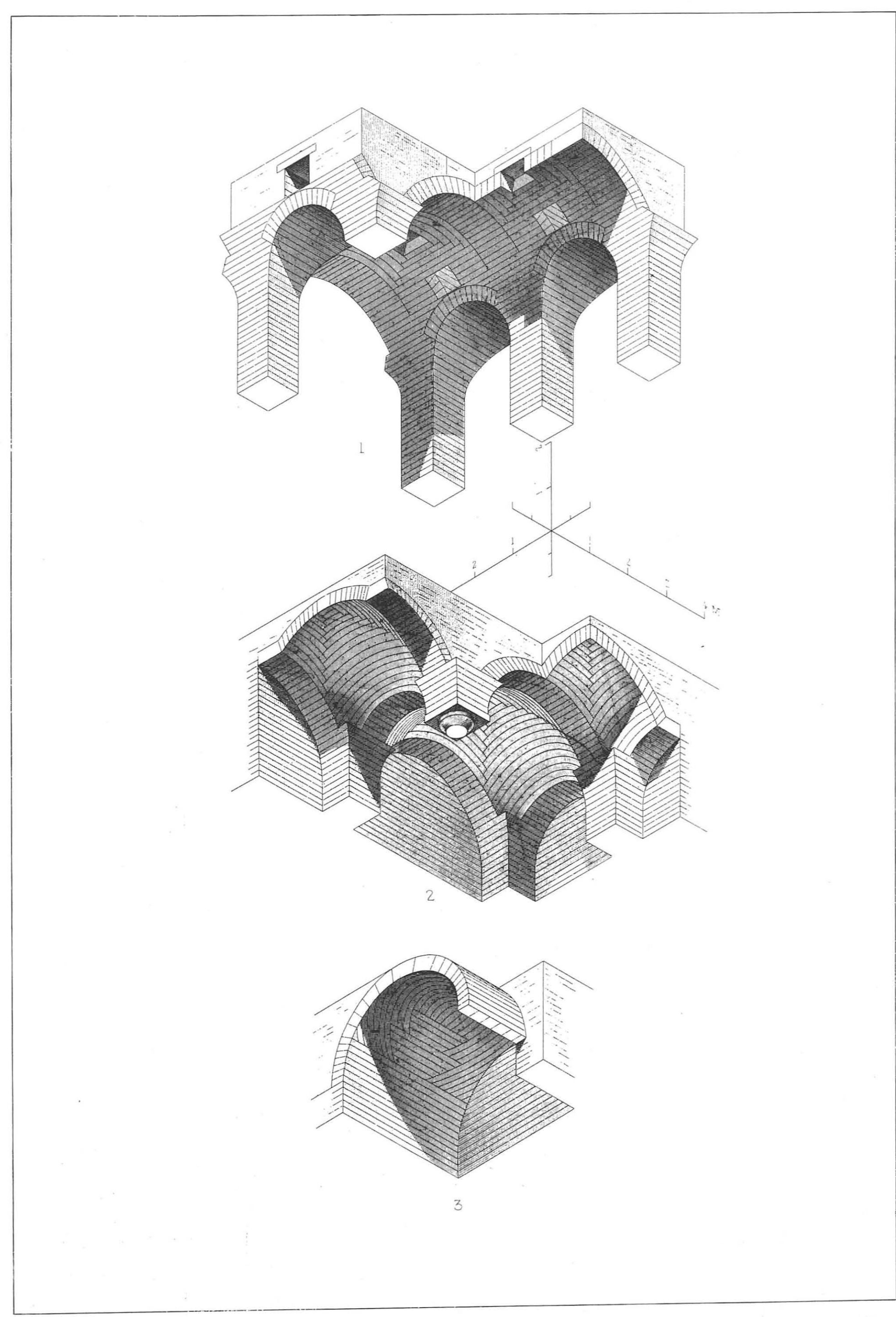


DESSINÉ PAR A. CHOISY. GRAVÉ PAR J. SULPIS

NICÉE

Lámina VI

1 y 2. Cisternas bajo la basílica de San Demetrio, en Salónica
3. Capilla aneja a la iglesia de San Panteleemón, en Salónica



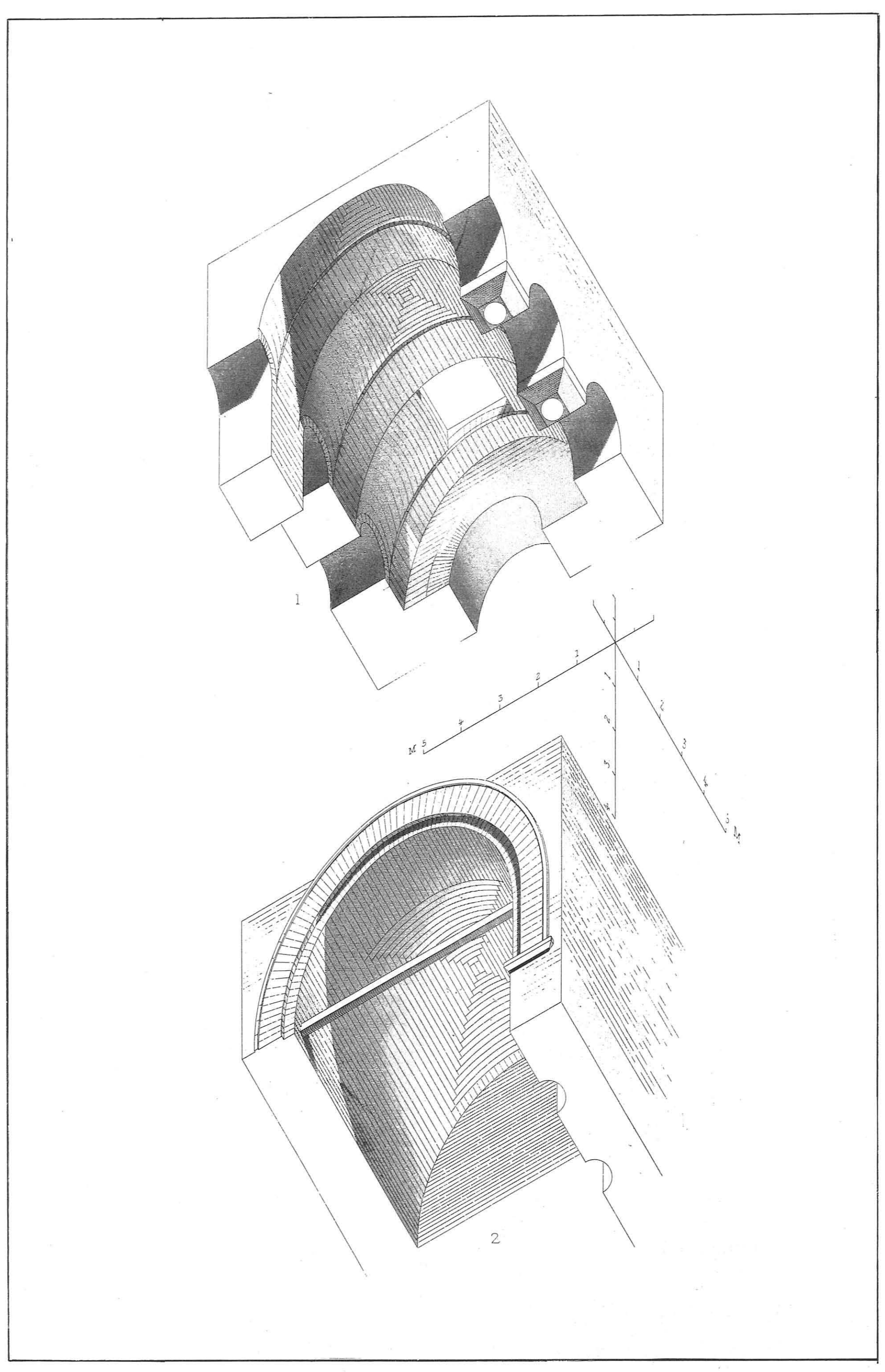
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

SALONIQUE

Lámina VII

1. Santa Irene de Constantinopla. Naves laterales
2. Monasterio de los Santos Apóstoles, en Salónica. Puerta



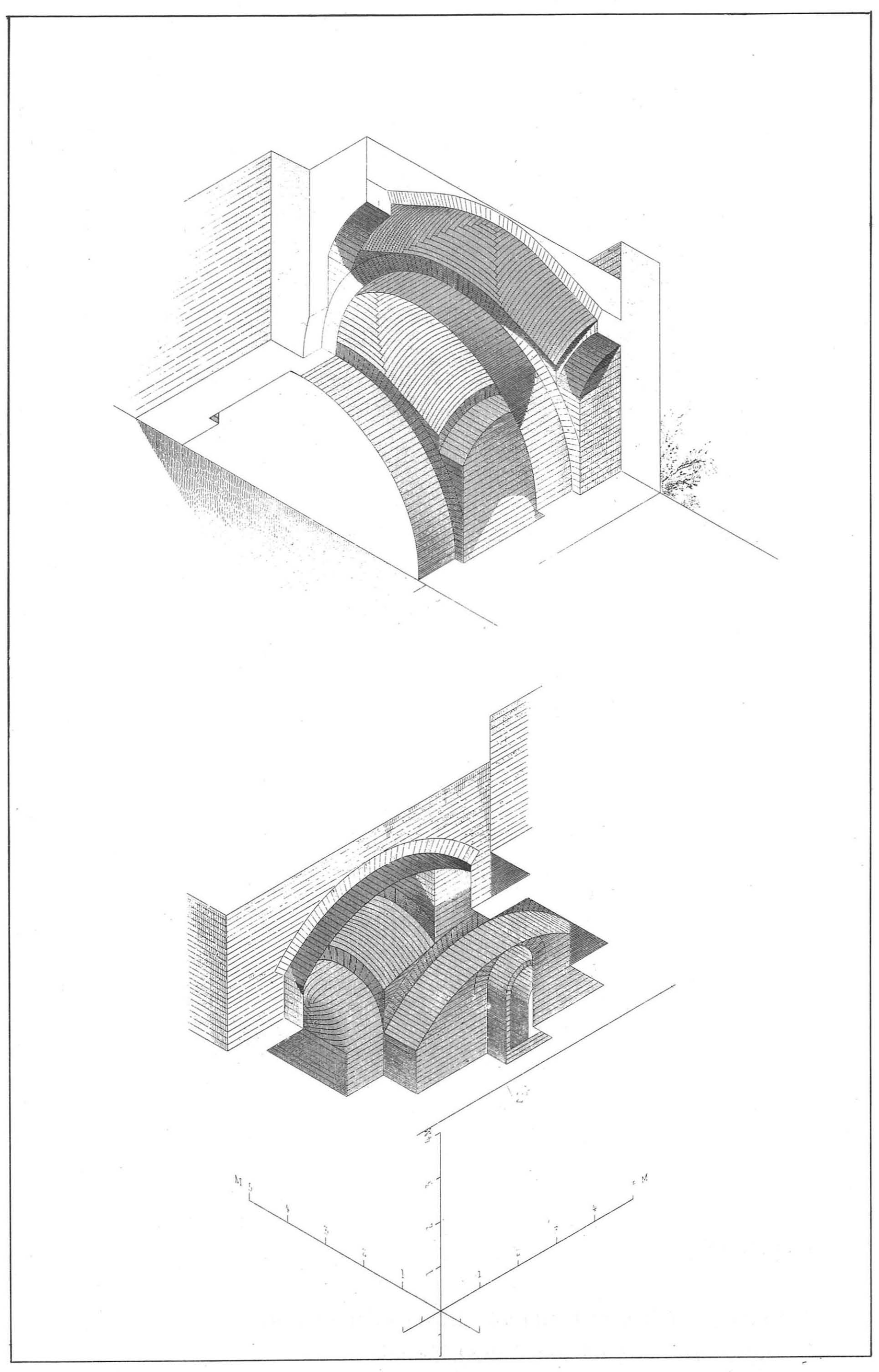
DESSINÉ PAR A·CHOISY

GRAVÉ PAR J·SULPIS

1. CONSTANTINOPLE — 2. SALONIQUE

Lámina VIII

1. Depósito en Zografos (Atos)
2. Pasadizo en Xenofontos (Atos)



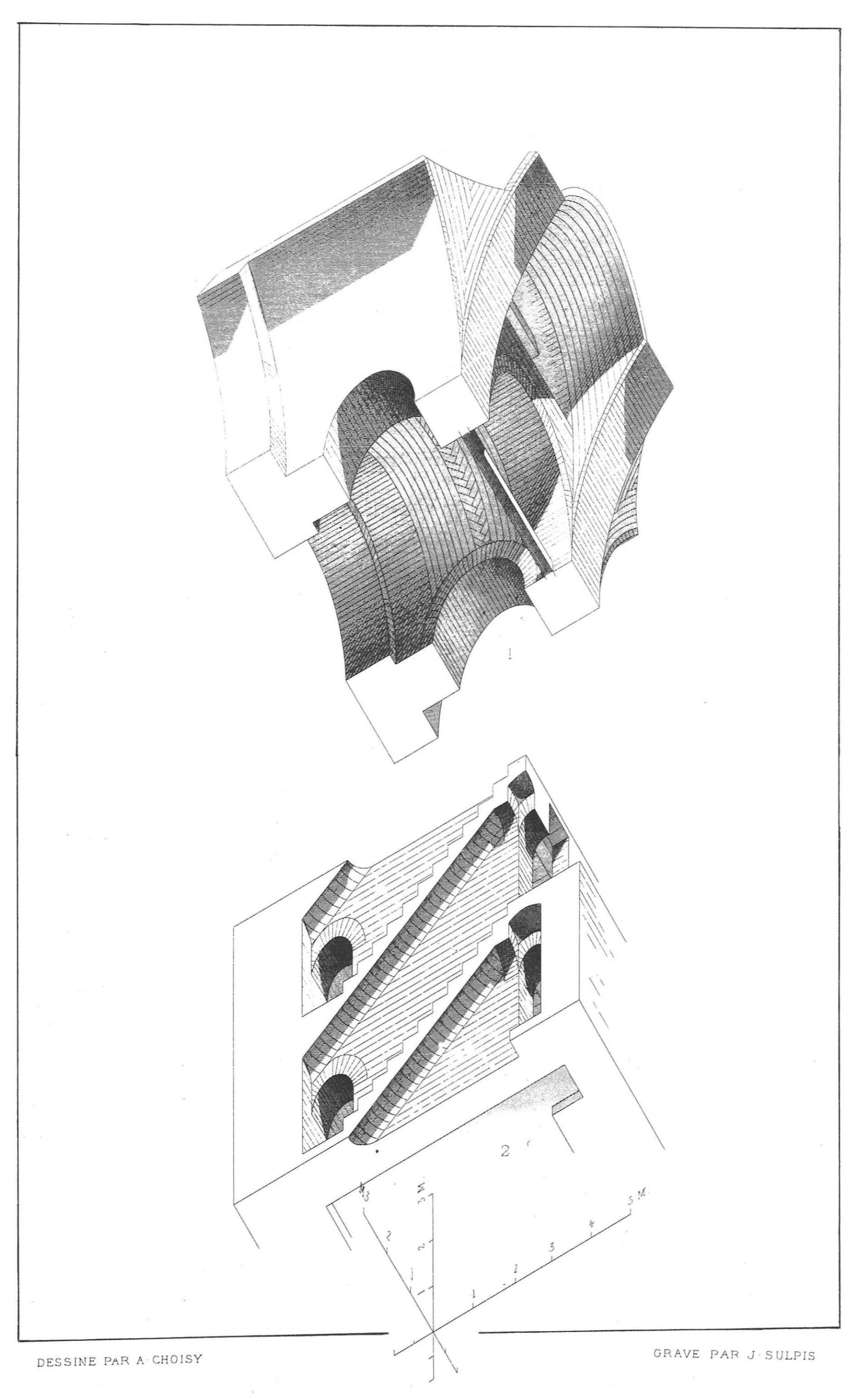
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

ATHOS

Lámina IX

1. Santa Sofía de Constantinopla. Bóveda del gineceo
2. Monasterio de San Pablo (Atos). Donjón



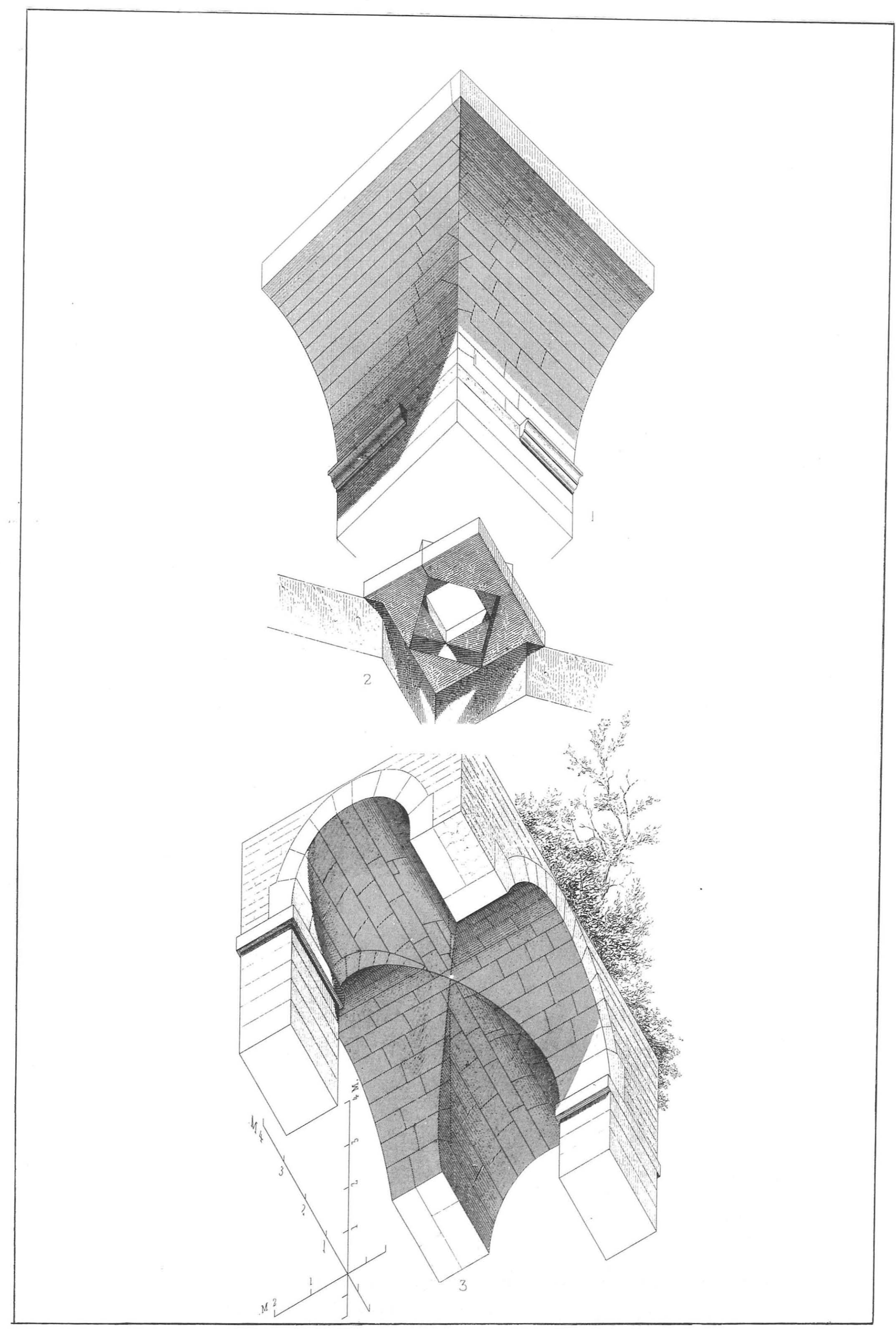
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

1. CONSTANTINOPLE. _ 2. ATHOS

Lámina X

1. Teatro de Gerasa
2. Cisterna en la Acrópolis de Pérgamo
3. Puente sobre el Sangario (Sabanja). Construcciones anexas

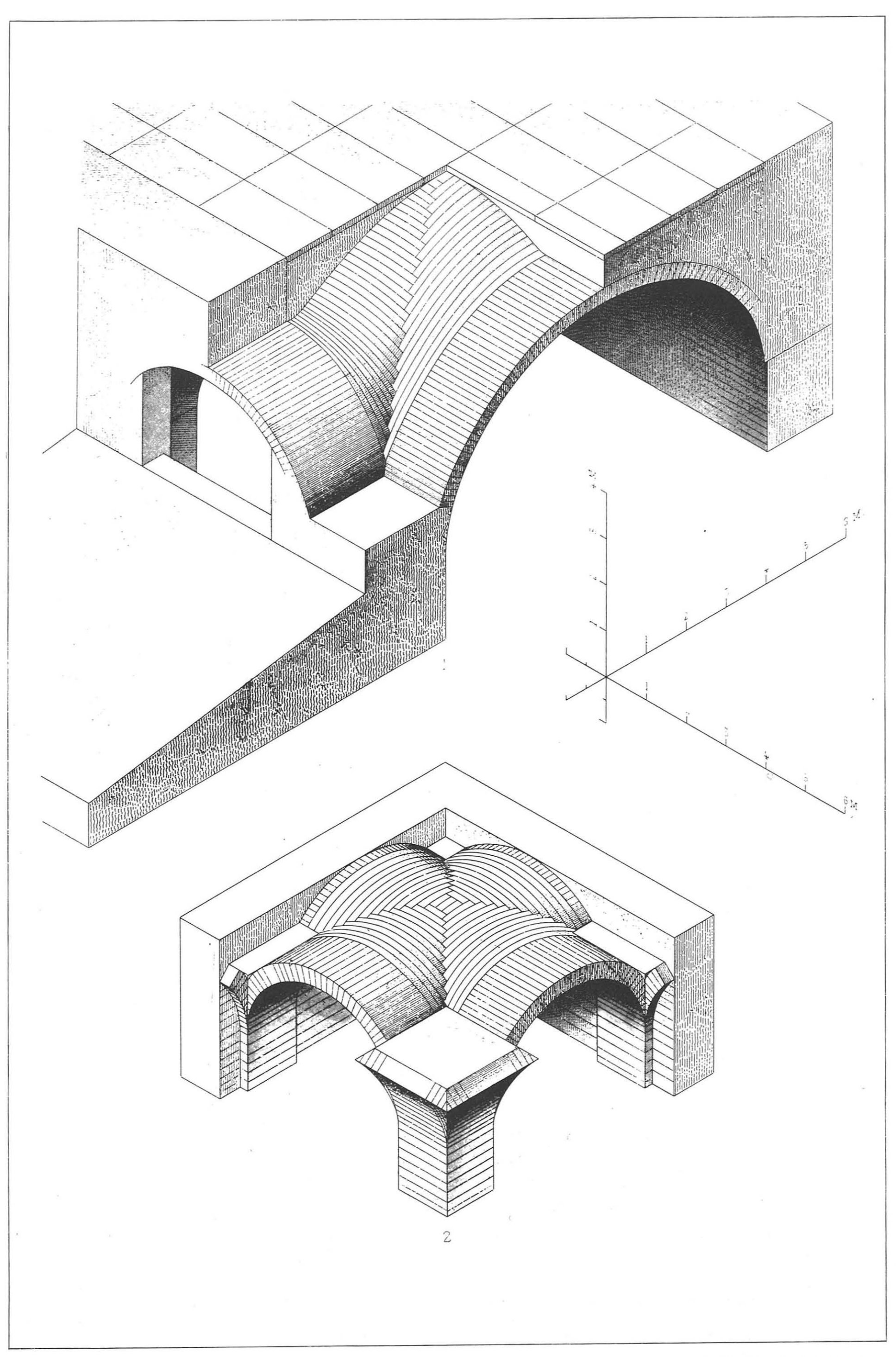


DESSINÉ PAR A. CHOISY. GRAVÉ PAR J. SULPIS

1. DJERACH — 2. PERGAME — 3. SABANDJA

Lámina XI

1. Santa Sofía de Constantinopla. Nártex inferior
2. Almacén en el Monasterio de Vatopedi (Atos)

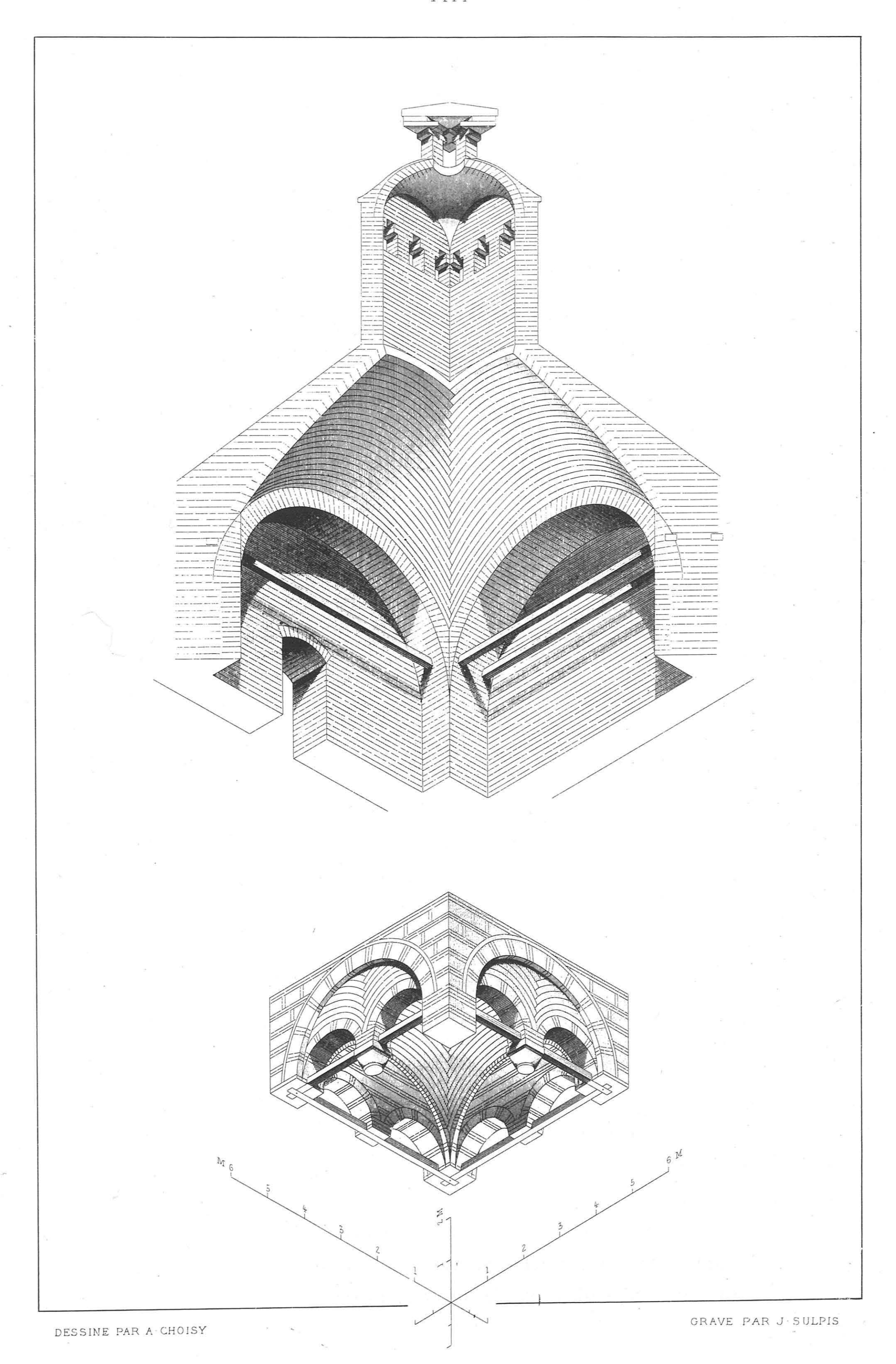


DESSINE PAR A. CHOISY — GRAVE PAR J. SULPIS

1. CONSTANTINOPLE — 2. ATHOS

Lámina XII

1. Chimenea en el monasterio de Iviron (Atos)
2. Monasterio de Chilandari (Atos). Pozo cubierto



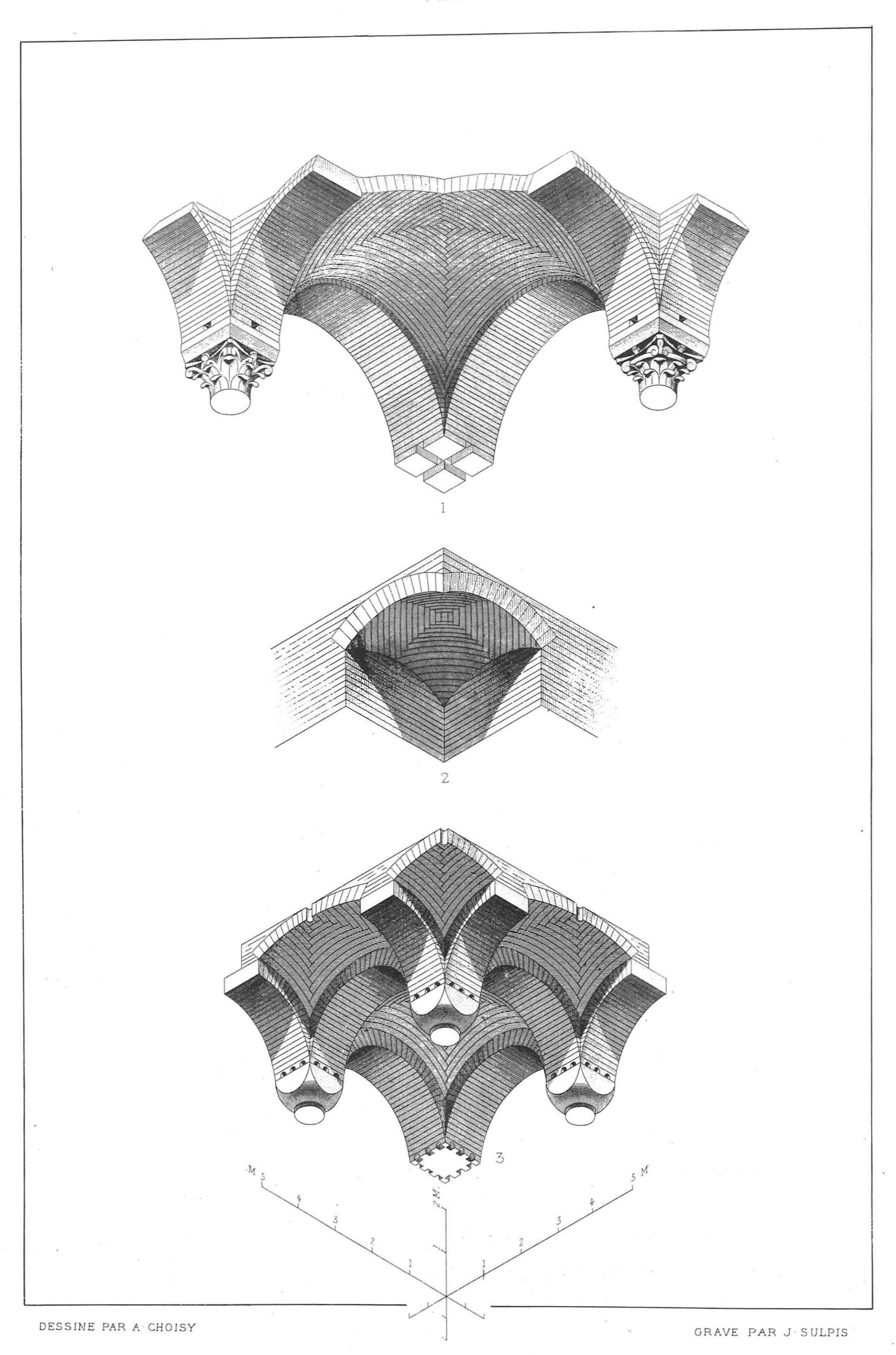
DESSINE PAR A CHOISY

GRAVE PAR J SULPIS

ATHOS

Lámina XIII

1. Cisterna Yerebatan Serai, en Constantinopla
2. Templo de Magnesia del Meandro
3. Cisterna de las Mil y Una Columnas, en Constantinopla



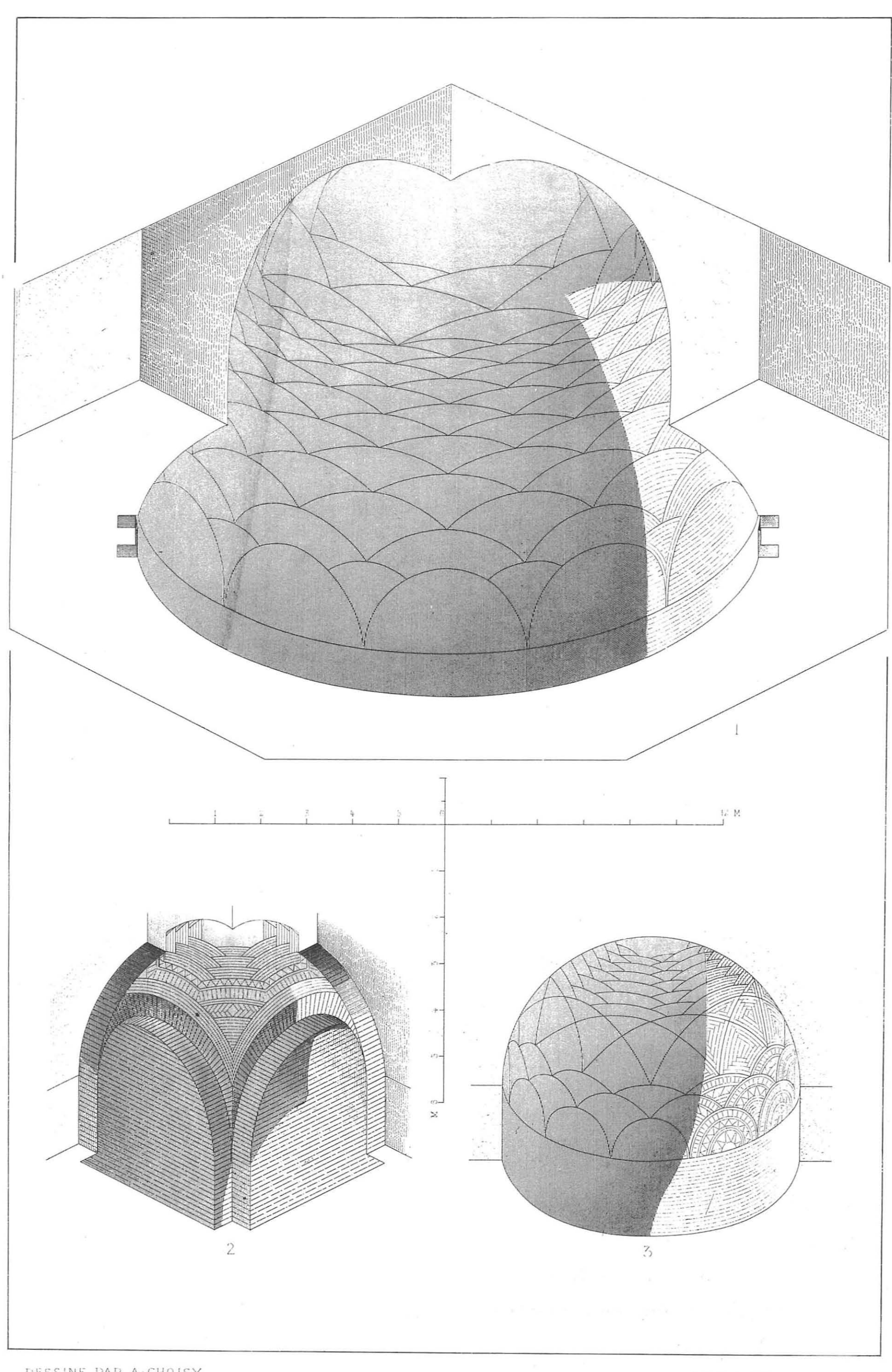
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

1.3. CONSTANTINOPLE. — 2. MAGNESIE

Lámina XIV

1. Templo circular en Spalato
2 y 3. Tumba de San Demetrio en Salónica



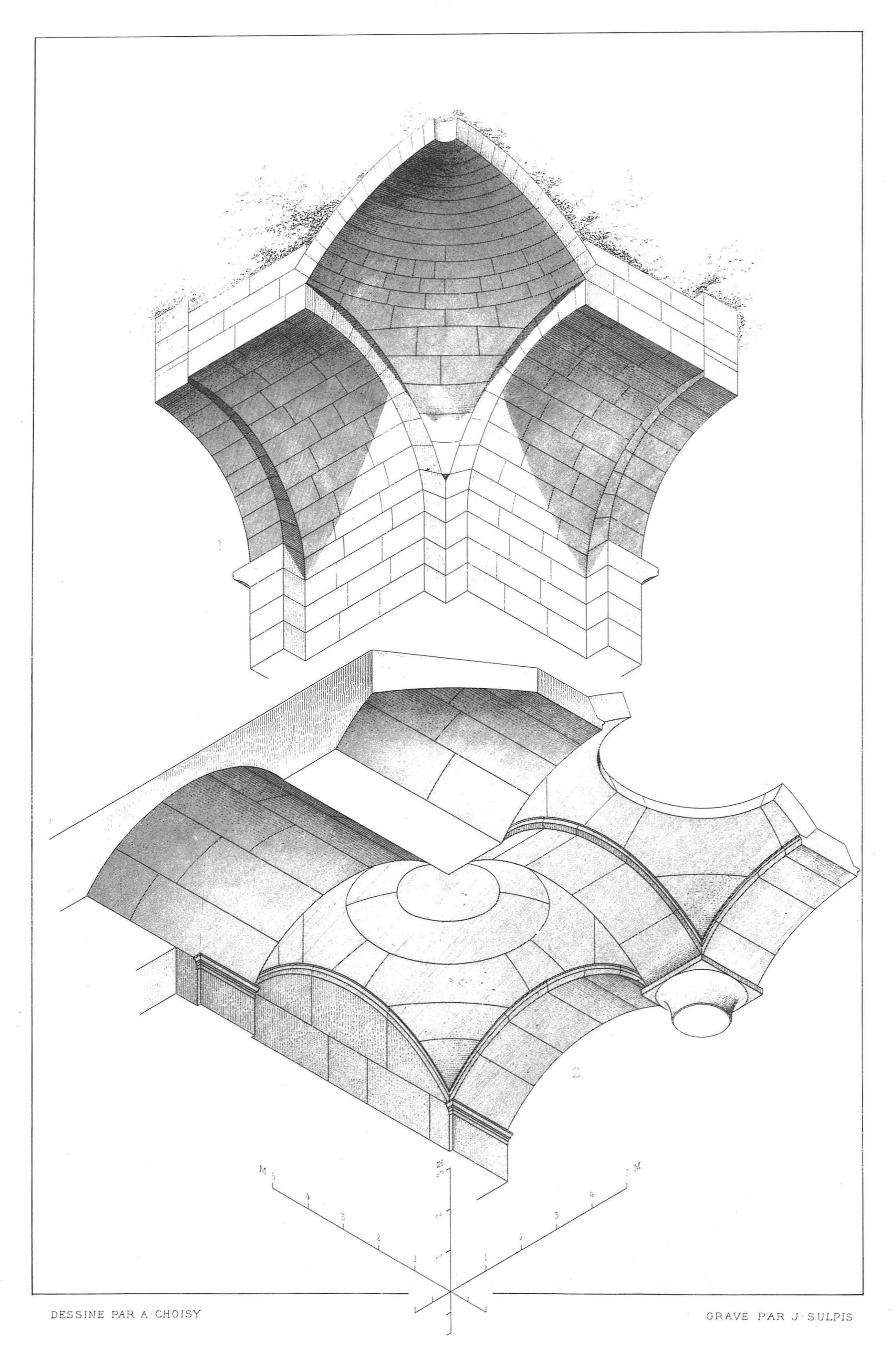
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

1. SPALATRO — 2, 3. SALONIQUE

Lámina XV

1. Edificio de Gerasa
2. Zócalo de Haram Ech-Chérif, en Jerusalén



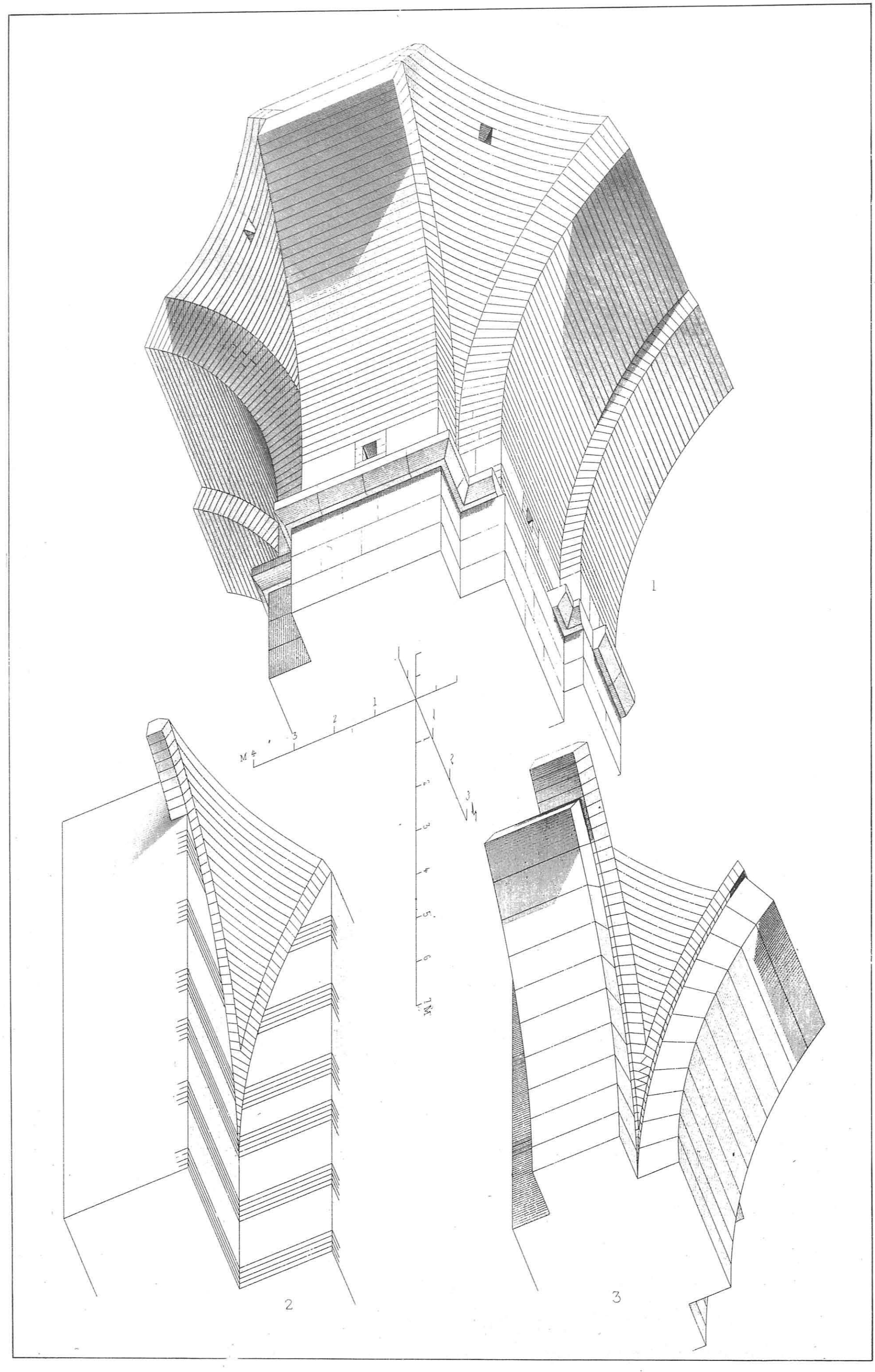
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

1. DJERACH — 2. JERUSALEM

Lámina XVI

1. Basílica de Filadelfia
2. Basílica de San Jorge, en Sardes
3. Vestíbulo de un edificio civil, en Sardes



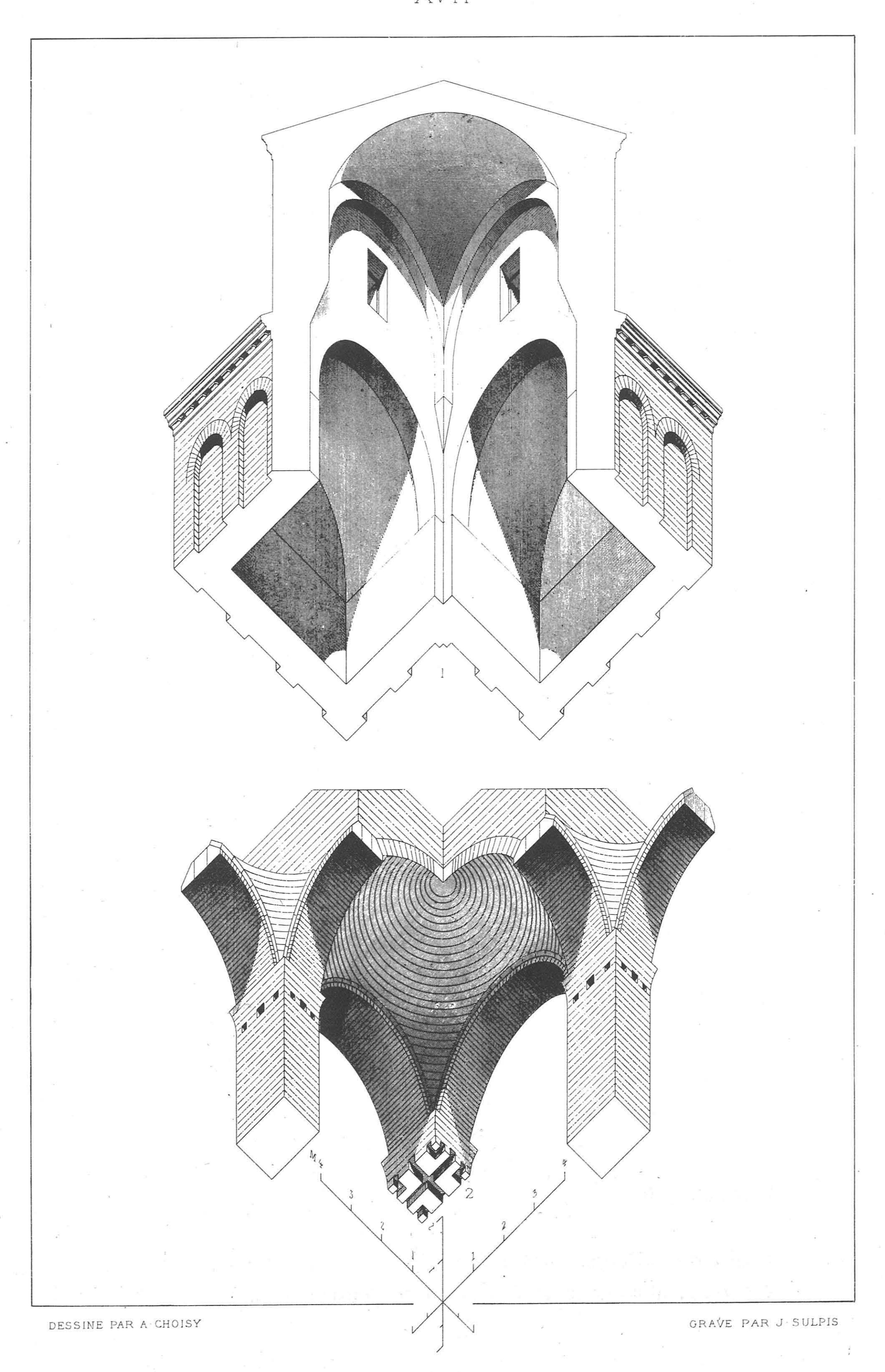
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

1. PHILADELPHIE — 2, 3. SARDES

Lámina XVII

1. Tumba de Placidia, en Rávena
2. Cisterna de Imbaher, en Nicomedia



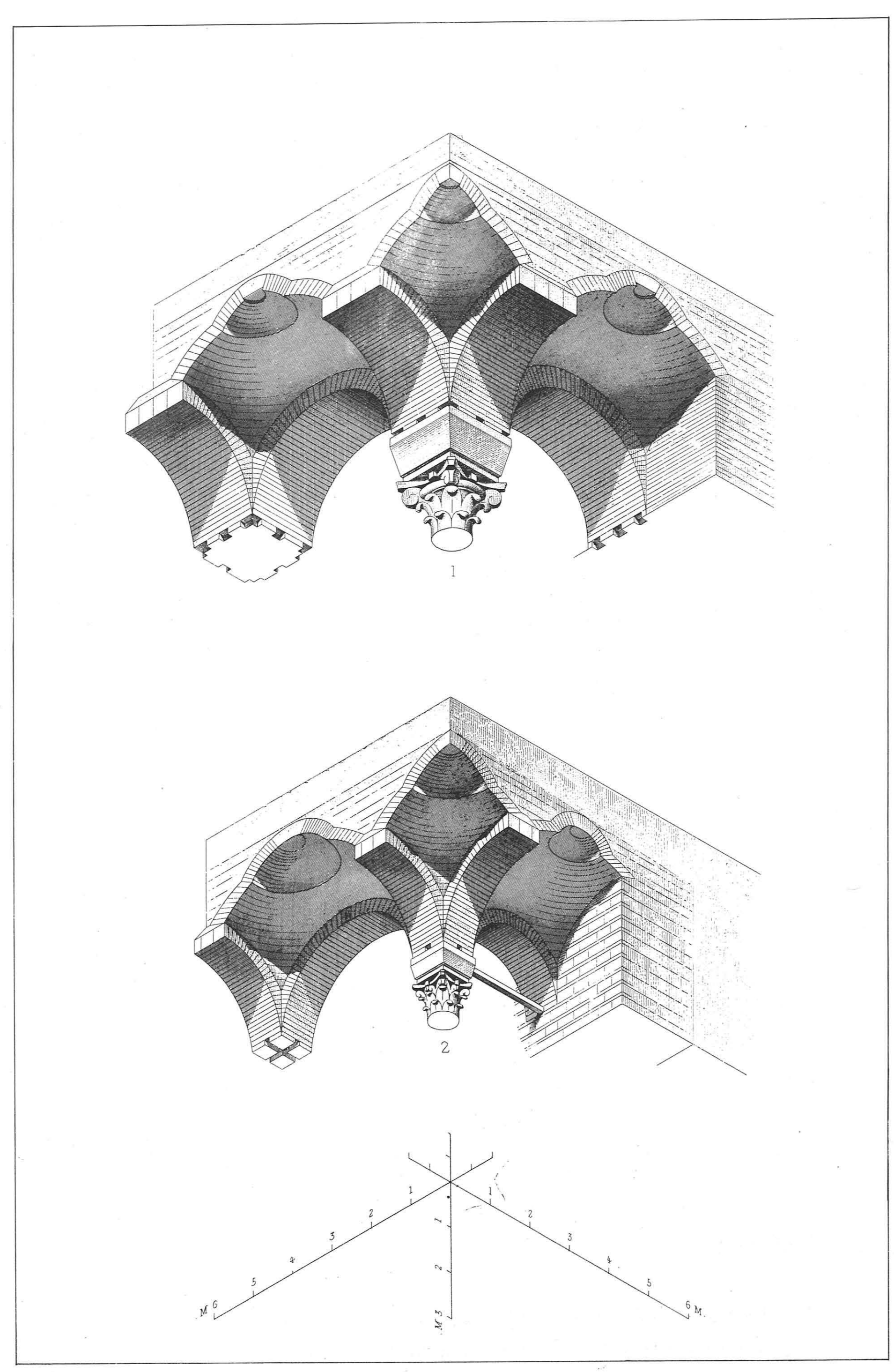
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

1. RAVENNE — 2. NICOMÉDIE

Lámina XVIII

1. Cisterna el Budrún, junto a Santa Sofía de Constantinopla
2. Cisterna al nordeste del Et-meidan, en Constantinopla

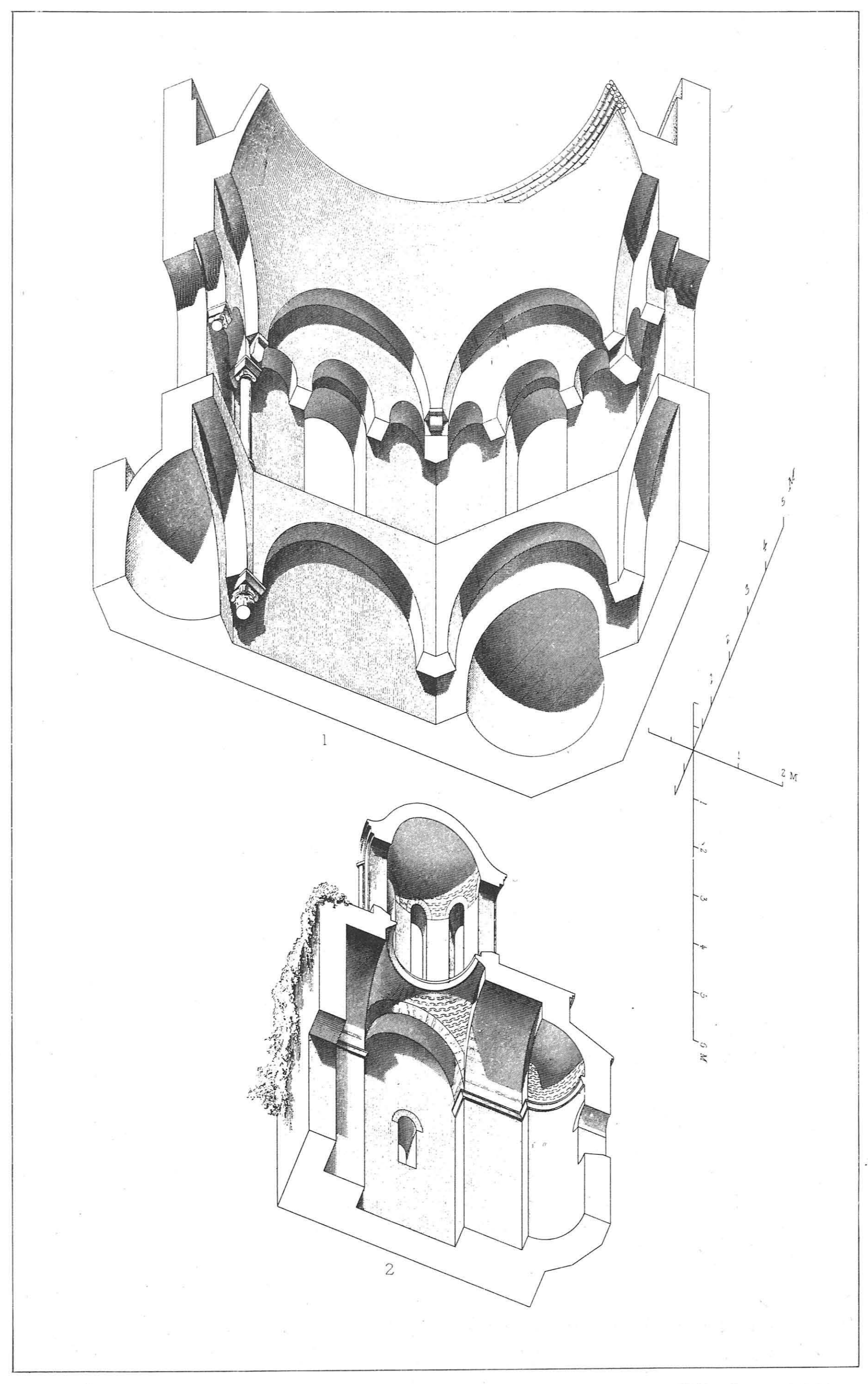


DESSINE PAR A. CHOISY. GRAVE PAR J. SULPIS

CONSTANTINOPLE

Lámina XIX

1. Baptisterio de Rávena
2. Antiguo monasterio de San Panteleemón (Atos)



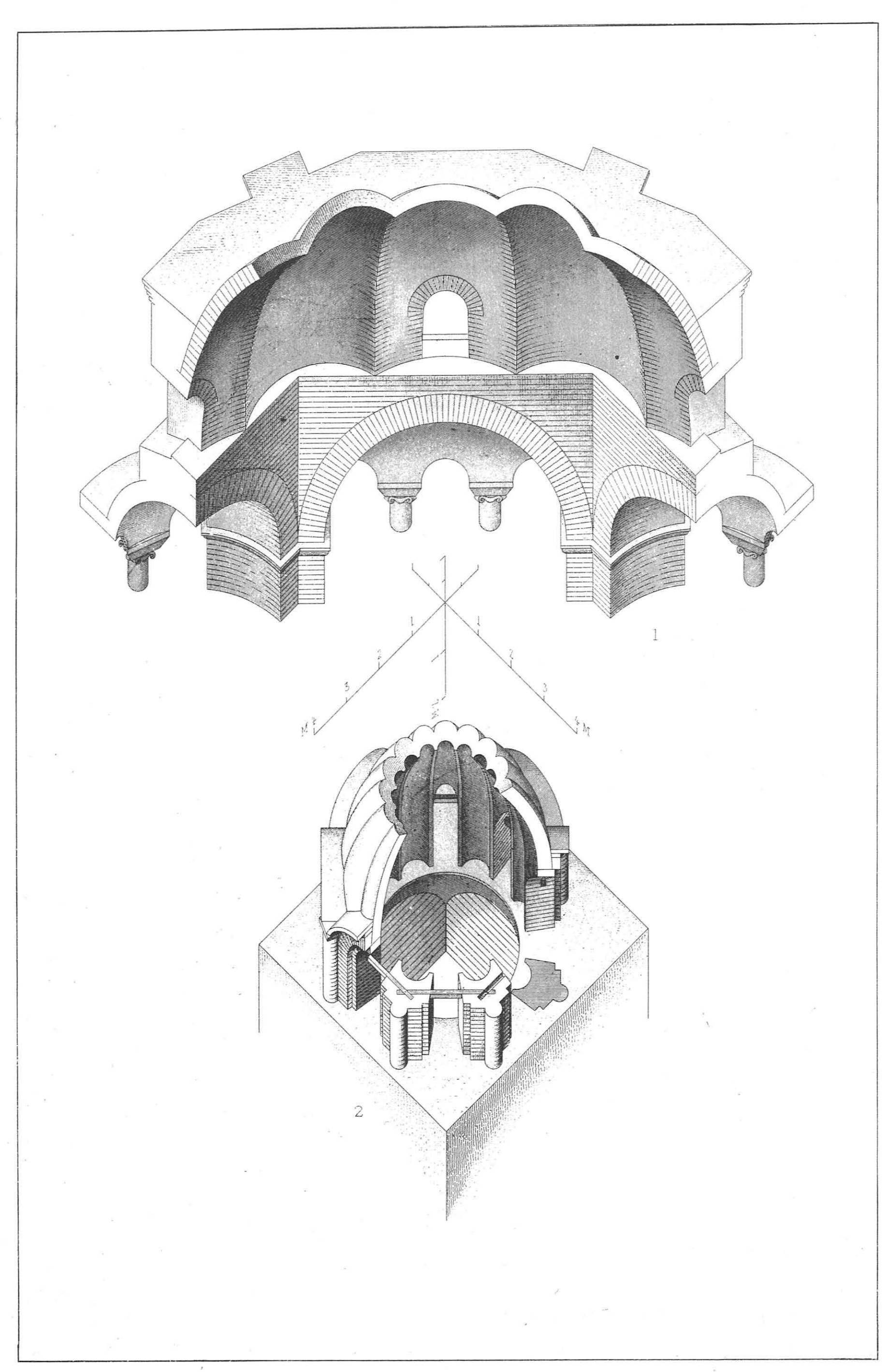
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

1. RAVENNE — 2. ATHOS

Lámina XX

1. San Sergio de Constantinopla
2. Theotokos de Constantinopla

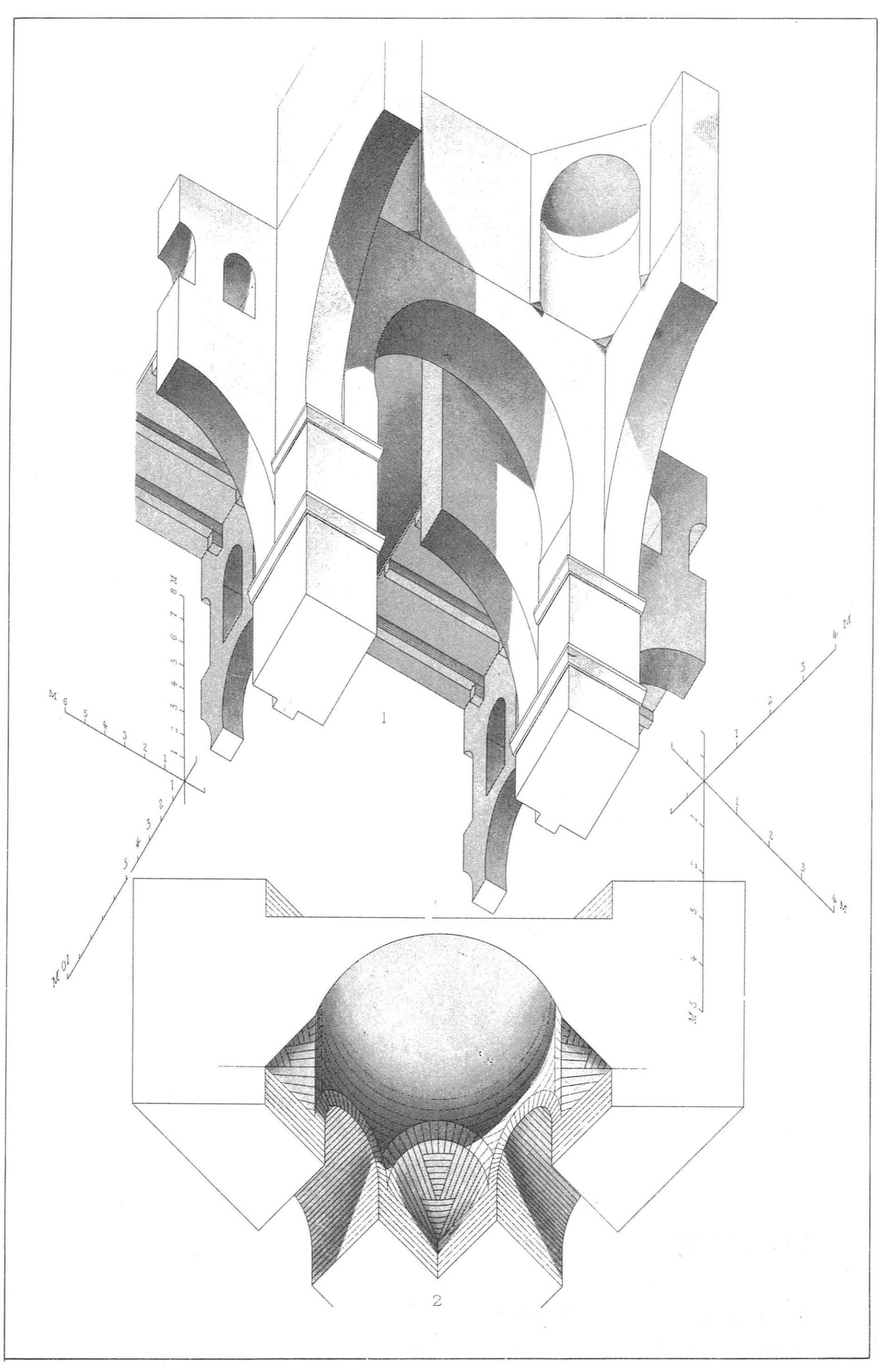


DESSINÉ PAR A. CHOISY — GRAVÉ PAR J. SULPIS

CONSTANTINOPLE

Lámina XXI

1. Gran mezquita de Damasco
2. Muralla de Nicea



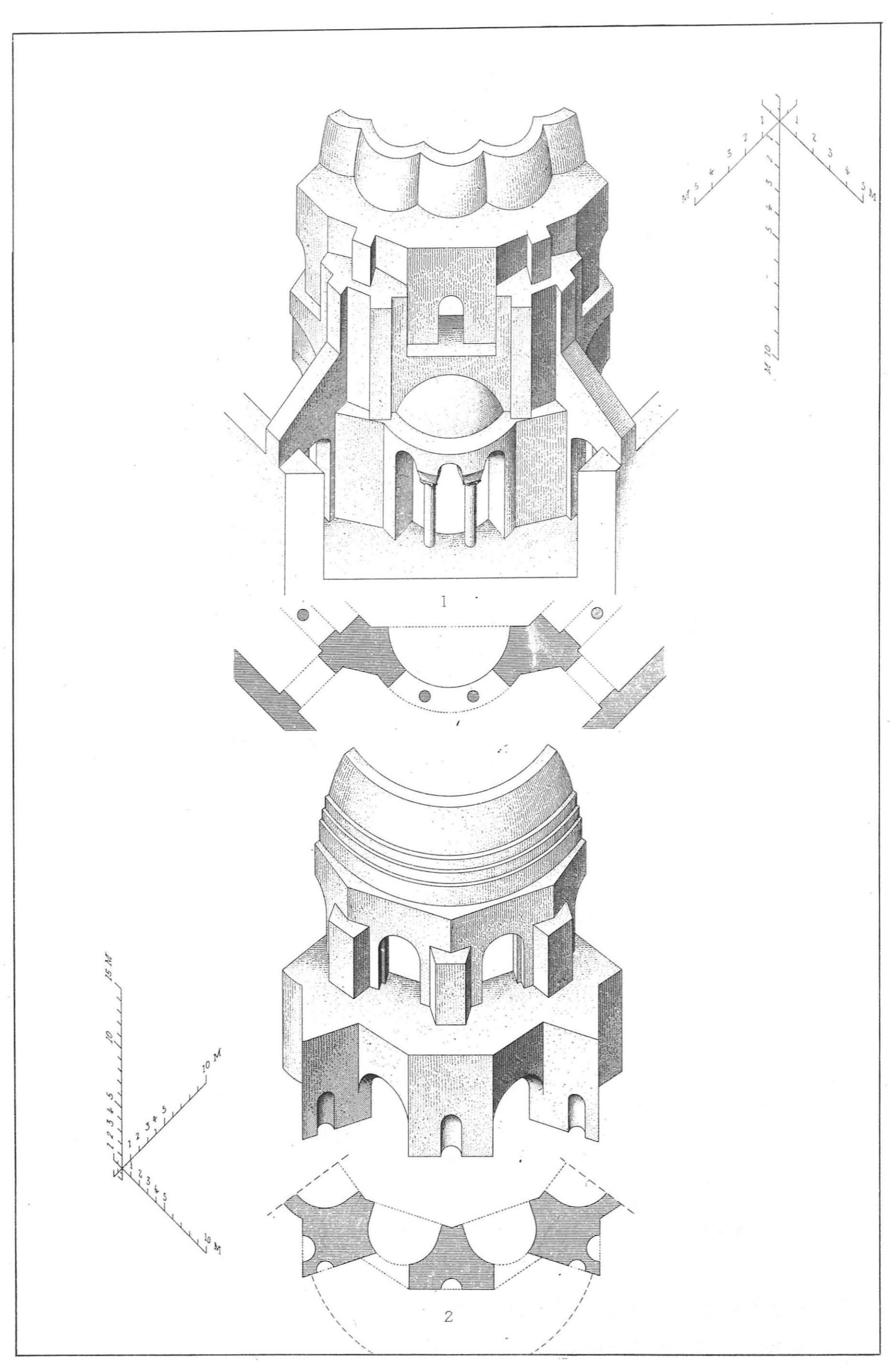
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

1. DAMAS — 2. NICEE

Lámina XXII

1. San Sergio de Constantinopla
2. Templo de Minerva Médica, en Roma



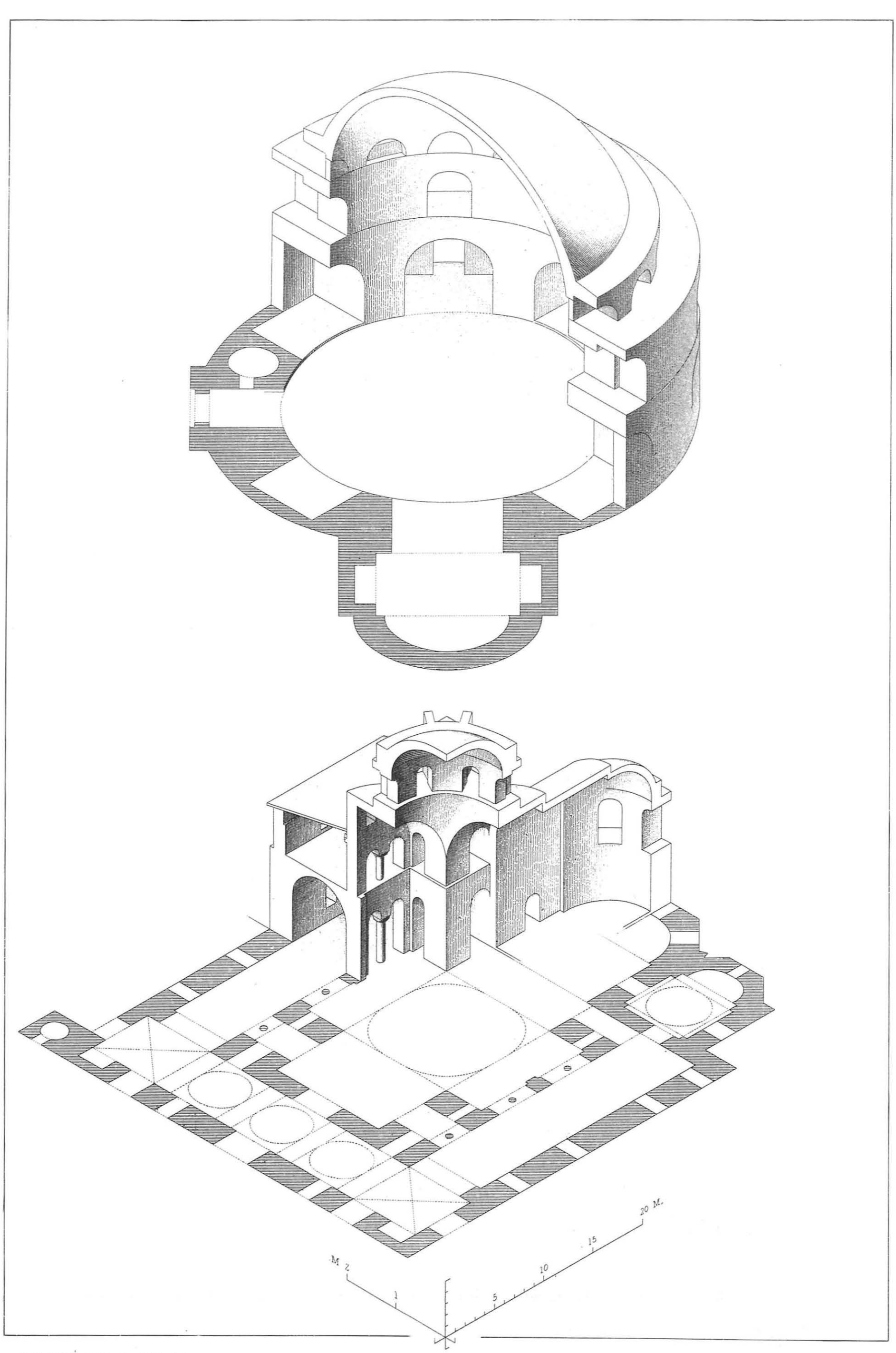
DESSINÉ PAR A. CHOISY. GRAVÉ PAR J. SULPIS

1. CONSTANTINOPLE _ 2. ROME

Lámina XXIII

1. San Jorge de Salónica (estado primitivo)
2. Santa Sofía de Salónica

XXIII



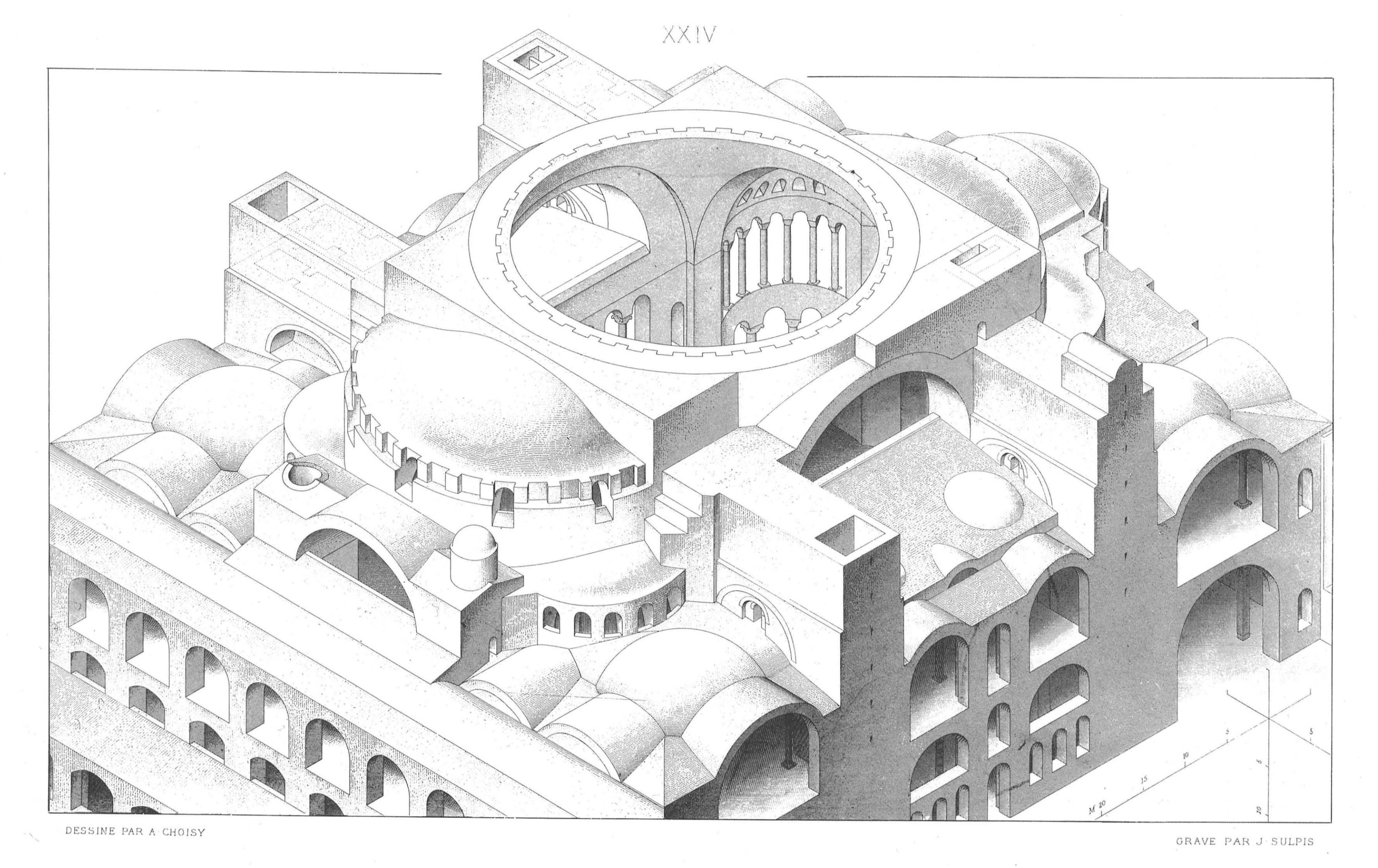
DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

SALONIQUE

Lámina XXIV

Santa Sofía de Constantinopla. Disposiciones originales y transformaciones sucesivas de los contrafuertes



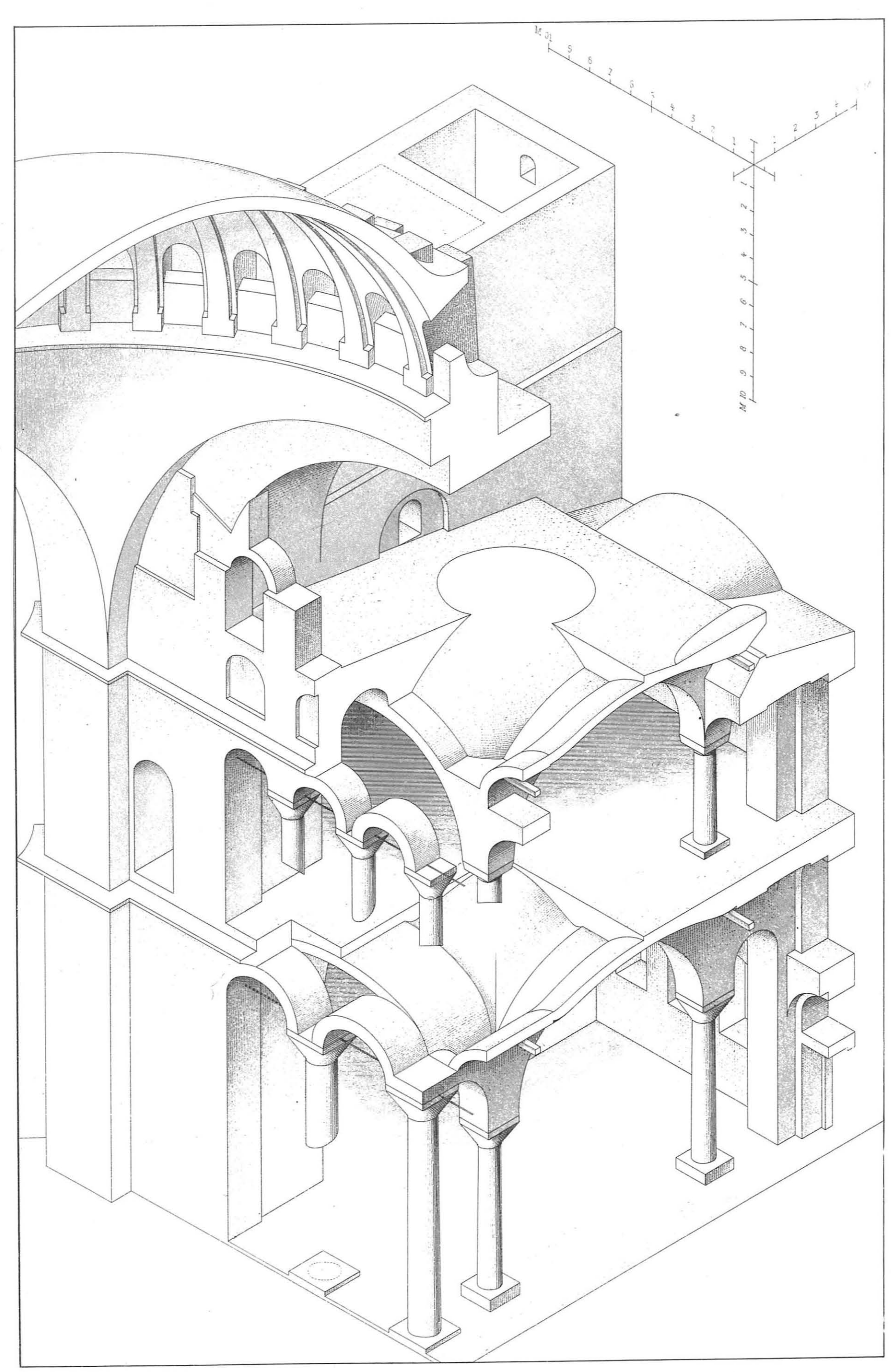
DESSINE PAR A. CHOISY

GRAVE PAR J. SULPIS

Ste SOPHIE DE CONSTANTINOPLE

Lámina XXV

Santa Sofía de Constantinopla. Naves laterales



DESSINÉ PAR A. CHOISY

GRAVÉ PAR J. SULPIS

Ste SOPHIE DE Cple

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO JUAN DE HERRERA

Teoría e Historia de las Construcciones
(en coedición con el CEHOPU)

A. Casas, S. Huerta y E. Rabasa (eds.) *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción.*
A. Choisy. *El arte de construir en Roma.* (en preparación)
A. Choisy. *El arte de construir en Bizancio.*
J. Heyman. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.*
J. Heyman. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica* (en preparación)
S. Huerta. *Arcos, bóvedas y cúpulas.* (en preparación)
E. Viollet-le-Duc. *La construcción medieval.*

Enseñanza de la Arquitectura

T. Anasagasti. *La enseñanza de la arquitectura.*
F. Cassinello Pérez. *Construcción: Hormigonería*
J. García-G. Mosteiro (ed.). *Cuaderno de apuntes de construcción de Luis Moya.*

Monografías

A. Ruiz de Arcaute. *Juan de Herrera.*
M. Seguí (ed.). *Félix Candela, arquitecto.*



I.S.B.N.:84-89977-03-8
9 788489 977037